

Universidad de Valladolid



Proyecto Fin de Carrera

Autor: David Cano de Lera

Diseño y concepción de un utillaje de fijación

Construction of a joining machine

Tutor Alemania: Philipp Jakob

Tutor España: Marta Herráez

Mayo 2012



Diseño y concepción de un utillaje de fijación

Resumen:

El campo de las máquinas herramientas es un mundo en constante desarrollo, debido a esto será desarrollado un utillaje para realizar la unión entre una *broca de perforación profunda de un labio* (ELB) y su mango mediante un adhesivo industrial, este diseño deberá ser lo suficientemente flexible como para permitir la unión entre diferentes diámetros de broca con sus respectivos mangos.

Se elige la utilización de un adhesivo debido a que de este modo se reducen las vibraciones que existen en la punta de la broca cuando se realiza un taladro, y por lo tanto la calidad obtenida es mayor.

Palabras clave: Unión, Broca de perforación profunda, Adhesivo, Diseño.

Construction of a joining machine

Abstract:

The industry of manufacturing is always developing new forms to manufacture the tools, so we develop one machine to join the tool with their support of an “Einlippentiefbohrer”, to join with an industrial adhesive.

The choice of an industrial adhesive is to reduce the vibrations in the head of the tool and to achieve a higher quality.

Keywords: Joining, CAD, adhesive, deep drilling.

Índice

0	Símbolos y abreviaturas	III
1	Introducción	1
2	Problemática	2
2.1	Análisis de la problemática	2
2.2	Objetivo del Trabajo	2
2.3	Proceso de resolución de la problemática	2
3	Estado de la técnica	4
3.1	Brocas de perforación profunda de un labio	4
3.1.1	Fabricación de los ELBs	6
3.2	Diseño térmico	8
3.2.1	Planteamiento del diseño térmico	8
3.2.2	Espansión de piezas	8
3.2.3	Dilatación relativa entre piezas	10
3.2.3.1	Relación relativa estacionaria	10
3.2.3.2	Relación relativa transitoria	10
4	Diseño	13
4.1	Introducción	13
4.2	División del problema inicial en problemas unidad	13
4.2.1	Fijación del mango	14
4.2.2	Fijación de la broca	17
4.2.3	Realización del movimiento de fijación	23
4.2.4	Detención del adhesivo	24
4.2.5	Utilización del utillaje para diferentes diámetros de borca	26
4.3	Elección de las soluciones individuales	28

5	Concepción	30
5.1	Simulación térmica	31
5.2	Desarrollo de la concepción del utillaje de fijación	34
6	Elección del adhesivo y del material	36
6.1	Elección del adhesivo	36
6.1.1	Cálculo del adhesivo necesario	36
6.1.2	Selección del adhesivo	37
6.2	Elección del material	38
7	Fabricación y montaje del utillaje de fijación	39
7.1	Preparación	39
7.2	Montaje	41
8	Fabricación del prototipo	45
9	Conclusiones	48
10	Bibliografía	49
11	Anexos	A

0 Símbolos y abreviaturas

Símbolos

Magnitud	Unidad	Denominación
l	mm	Longitud
V	ml	Volumen
m	kg	Masa
p	bar	Presión
t	s	Tiempo
ϑ	°C	Temperatura
ν	mPas	Viscosidad
E	MPa	Modulo de elasticidad
β		Constante de dilatación térmica
ρ	g/cm ³	Densidad

Abreviaturas

Abreviatura	Denominación
HM	Metal duro
ELB	Broca de perforación profunda de un labio
FEM	Método de elementos finitos
BTA	Boring and Trepanning Association
DMS	Calibrador de tensión
CAD	Diseño asistido por ordenador
DIN	Instituto de normalización alemán
ISO	International Organization for Standardization
KSS	Lubricante de refrigeración

1 Introducción

La búsqueda de la mejora es un objetivo constante en el mundo de la fabricación, incluyendo todas áreas que la componen, como consecuencia del crecimiento de la competencia, asociada al mundo globalizado en el que nos encontramos y en el que los aspectos económicos son de vital importancia, por lo tanto buscaremos la forma de realizar una tarea de la forma más eficiente y con la mayor calidad posible.

El caso que se nos presenta es la fijación entre una ELB y su soporte, esta fijación actualmente se realiza mediante técnicas de soldadura complejas, debido al reducido espesor de las piezas y a la existencia de un canal de refrigeración en el interior de la broca. En el proceso de desarrollo de la fabricación de ELBs se ha pensado en la utilización de un adhesivo industrial para sustituir al proceso de soldadura actualmente utilizado.

Al utilizar un adhesivo en la realización de la fijación se busca además de la reducción de costes la mejora del comportamiento del ELB ante las vibraciones que van a existir en el proceso de corte, debido a que el adhesivo se comportaría como un amortiguador, con lo que se espera una mejora de la calidad de las piezas fabricadas con este ELB.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un utillaje destinado a la fabricación de ELBs mediante adhesivo, teniendo en cuenta las particularidades que ello conlleva, como son la necesidad de curado del adhesivo con unos parámetros ambientales controlados, marcados por el fabricante del adhesivo, como es la temperatura.

2 Problemática

2.1 Análisis de la problemática

Se desarrolla un utillaje que se utilizará para realizar la fijación entre un ELB con su soporte, este utillaje deberá asegurar una correcta fijación y alineamiento entre las partes a unir, debido a que estos parámetros marcarán la calidad de las piezas fabricadas con este ELB. Además se tendrá en cuenta la existencia de un canal de refrigeración en el interior del ELB, y que deberá permanecer completamente exento de adhesivo en su interior para el correcto funcionamiento del proceso de refrigeración.

Por otro lado debido a las particularidades de la fabricación con adhesivos, nuestro utillaje tendrá una temperatura de trabajo distinta a las condiciones normales, por lo que deberemos utilizar un horno para realizar el curado del adhesivo, por lo que se deberá controlar la dilatación de las piezas a la temperatura de trabajo.

Sumado a todas estas características se pide desarrollar el utillaje de forma que seamos capaces de realizar la fijación de distintos diámetros de ELB con un mínimo cambio en el utillaje.

2.2 Objetivo del Trabajo

El objetivo de este trabajo es la realización del diseño y fabricación de un utillaje de unión para realizar la fijación de la broca y el soporte de un ELB, mediante un adhesivo industrial.

2.3 Proceso de resolución de la problemática

Con el objetivo de alcanzar esta meta comenzamos analizando la problemática presente, dividiendo esta en problemas más pequeños, que más adelante trataremos de resolver independientemente, buscando las soluciones que mejor respondan nuestras necesidades, para finalmente una vez tengamos estas soluciones juntarlas, de forma que obtengamos una solución global de nuestro utillaje, y que será la combinación de las soluciones independientes que mejor respondan a nuestro objetivo final.

Esta solución global la modelaremos mediante un programa de diseño asistido por ordenador (CAD), a continuación simularemos el comportamiento en servicio del utillaje mediante un programa de análisis por elementos finitos (FEM), interpretando los resultados y decidiendo a

continuación las modificaciones a realizar en el modelo para lograr una mejor solución, realizando este proceso hasta que los resultados obtenidos por el programa de FEM son lo suficientemente buenos como para responder a todas las necesidades del utillaje adecuadamente.

Una vez que se ha obtenido el modelo definitivo se procede a realizar la fabricación de un prototipo, realizando a continuación una prueba de este para comprobar que los resultados obtenidos mediante el programa de FEM se adecuan a la realidad. El camino de resolución se ve reflejado en la figura 2.1.

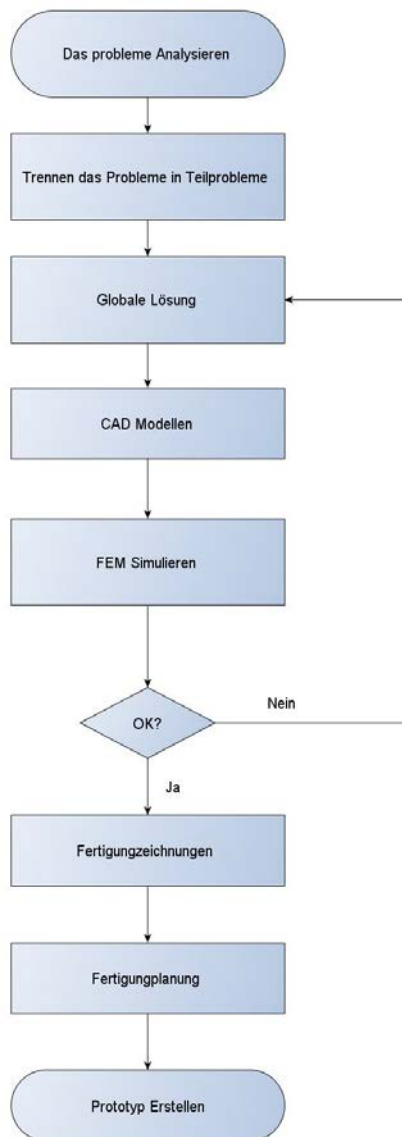


Figura 2.1 Proceso de resolución

3 Estado de la técnica

3.1 Brocas de perforación profunda de un labio

En la industria se utilizan las siguientes tres técnicas de perforación profunda /8, 55/:

- ELB
- Perforación profunda BTA (Boring and Trepanning Association)
- Perforación de eyector

Se considera perforación profunda cuando la profundidad de taladrado es superior a 10 veces el diámetro/32/. Estos métodos de perforación permiten la realización de taladros en metales y otros materiales con una relación longitud/diámetro de hasta 250 /51, 52/. Mientras que el procedimiento BTA así como el procedimiento de perforación de eyector pueden aplicarse casi exclusivamente en máquinas especiales /3/, por otro lado el método mediante ELB ofrece también la posibilidad de utilización de máquinas convencionales, tales como centros de mecanizado y tornos /5, 15/. Bajo la condición de alta presión de refrigerante (>50 bar) este procedimiento es una buena alternativa sin causar unos costes de fabricación mucho mayores. Debido a la alta calidad superficial y precisión dimensional que se puede alcanzar mediante este método, a menudo puede guardar más operaciones /18, 31/. Una ventaja adicional es la alta velocidad de corte que es posible realizar. Los beneficios económicos consecuencia de la utilización de ELBs, hacen que cada vez sea más frecuente la utilización de este método de perforación en taladros relativamente poco profundos, es decir $l/d < 5$. En este contexto *Tuffentsammer* habla también de taladrado de precisión /51/.

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Tasas de corte muy altas mediante la utilización de HM (metal duro) como material de corte • Taladro de alta calidad referido a tolerancia, acabado superficial y precisión geométrica • Es posible reemplazar varias operaciones por un proceso de taladrado profunco • Alta profundidad de perforación, de hasta 250 veces el diámetro de la broca 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta presión del KSS (lubricante de refrigeración) requerida • Baja estabilidad a flexión de la herramienta • Es necesaria la utilización de lunetas para la realización de los taladros profundos

Tabla 3.1 Ventajas e inconvenientes de los ELBs /29/

Como resultado de las ventajas referidas anteriormente este método es utilizado para la realización de taladros con una relación longitud/diámetro en algunas circunstancias incluso <3 /11, 21, 35/, por lo que los ELB son utilizados en muchas zonas de cigüeñales y ejes de transmisión. Con diámetros de ELB más pequeños se realizan taladros para sistemas de inyección de combustible. En la fabricación de troqueles son utilizados los ELBs para la realización de taladros, en el sistema de control de la temperatura de enfriamiento. En este procedimiento el suministro de KSS es significativo, este suministro de KSS se realiza a través de la cavidad que tiene el ELB en su interior. El KSS sale del ELB por un orificio situado en su cabeza, para luego evacuar las virutas producidas en el procedimiento de taladrado por una ranura en forma de V que tiene el ELB a lo largo de toda su longitud /17, 31, 36, 40, 46, 53, 55, 57/.

En cuanto al material se utilizan ELB de HM, según la normativa de la *International Organization for Standardization* (ISO) está incluido dentro de los grupos K10 o K20, estas herramientas pueden estar también revestidas por PDK, cermet, cerámica, DBN o aceros rápidos, estos recubrimientos suelen ser utilizados en casos especiales. La elección de la herramienta adecuada depende del material a mecanizar, de la producción de virutas y de la

calidad del taladro a realizar, para casos estándar puede encontrarse la herramienta a utilizar en las tablas correspondientes /37 – 39, 42/.

El mango de sujeción sirve para sujetar el ELB en el soporte de la máquina herramienta, transmitiendo las fuerzas, así como los momentos entre la herramienta y la máquina herramienta en la que está colocada. Además el mango de sujeción sirve para introducir el KSS en el interior de la herramienta. El uso universal de esta herramienta está asegurado debido a la estandarización de los diámetros de los mangos de sujeción para los correspondientes diámetros de perforación /54/. Cuando se aplica la perforación profunda podemos encontrar 3 variantes del proceso/47, 54/: pieza de trabajo fija con rotación de la herramienta, herramienta fija con rotación de la pieza de trabajo y rotación tanto de la herramienta como de la pieza de trabajo con sentidos de giro opuestos.

Una forma adicional de utilización de ELBs es la realización de taladros, en un sitio que previamente se había realizado un pequeño orificio a modo de identificación de los puntos donde deben ser realizados, después de preparar estos pequeños orificios se introduce la herramienta girando lentamente, para a continuación acelerarla hasta la velocidad de corte requerida, de este modo se garantiza que la herramienta entra en el agujero existente y por lo tanto este taladro será de una calidad superior. Hay que tener en cuenta la alta presión del KSS requerido para la realización de taladros mediante esta técnica, teniendo una presión de alimentación de trabajo $p \approx 80$ bar /10, 24, 30, 35/.

3.1.1 Fabricación de los ELBs

Un ELB, como el mostrado en la figura 3.1, consta de tres partes fundamentales: Mango, cuerpo y cabeza cortante. Mediante el mango son conectadas la broca y la máquina herramienta. Esta unión generalmente es realizada mediante soldadura, aunque otra opción es realizar esta unión pegada. Siendo esta unión la encargada de transmitir el par y las fuerzas entre el mango y el cuerpo, también es la encargada de mantener la alineación entre la punta de la herramienta y el eje de la máquina.

Las solicitaciones en el eje son muy altas, debido a las tensiones torsionales existentes, sobre todo cuando se acentúa la relación entre longitud y diámetro de la broca. De ser posible el cuerpo de la herramienta será realizado con un acero resistente. En estos casos la cabeza de la broca se realiza con carburos soldado sobre el cuerpo de HM. Para pequeños diámetros de broca se realiza el conjunto de cuerpo y cabeza de la broca en una sola pieza, debido a que de

este modo la fabricación de la herramienta es más sencilla, realizando este conjunto del mismo material, con la posibilidad de la realización de algún tratamiento superficial en la cabeza de la broca, de esta forma el resultado final es de mayor calidad, debido a que las brocas de carburo tienen mayor importancia en el mecanizado de precisión y calidad del taladro producido.

Los ELBs, con velocidades de corte de trabajo relativamente altas, y con una sección asimétrica, deben para grandes longitudes de herramienta tenerse en cuenta el pandeo que sufre la herramienta. Debido a esto se pueden utilizar lunetas para minimizar el efecto del pandeo /55/.

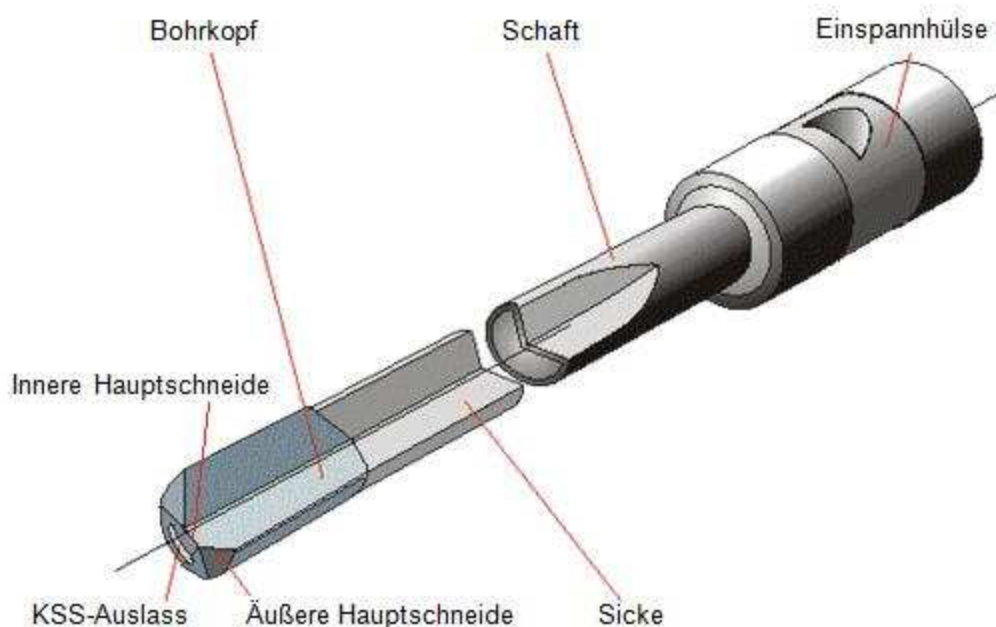


Figura 3.1

ELB /27/

3.2 Diseño térmico

3.2.1 Planteamiento del diseño térmico

La existencia de la expansión térmica es bien conocida, para cuantificar esta expansión térmica se expone la siguiente expresión (3.1).

$$\beta = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta \vartheta_m} \quad (3.1)$$

A continuación se muestra el significado de los símbolos:

Δl Cambio de longitud consecuencia del calentamiento $\Delta \vartheta_m$

l Longitud de la pieza

$\Delta \vartheta_m$ Diferencia de temperatura de la pieza

En la norma DIN 1345 es definido el coeficiente de dilatación térmica como α . Debido a que el coeficiente de transferencia de calor se define también como α , en este trabajo utilizamos β para definir el coeficiente de dilatación térmica.

El coeficiente de dilatación térmica describe la expansión en una dirección de un cuerpo sólido, mientras que el coeficiente de expansión volumétrica describe el cambio de volumen relativo, que normalmente es utilizado para definir líquidos y gases. La definición del coeficiente de dilatación térmica se realiza para comprender como dilata un material no solo referenciado al material sino también a la temperatura, debido a que normalmente para altas temperaturas el coeficiente de dilatación térmica es superior /42/.

3.2.2 Expansión de piezas

Para calcular el cambio de longitud Δl se debe conocer la distribución espacial y temporal de la temperatura en la pieza, donde puede determinarse el cambio de longitud debido al cambio de temperatura, en comparación con el estado inicial. Si el estado térmico permanece constante a lo largo del tiempo hablamos de *expansión estacionaria*. Por otro lado si cambia la distribución de temperaturas con el tiempo, es decir nos encontramos con un estado *transitorio*, se produce expansión o contracción de la pieza estudiada.

Una vez se ha definido el coeficiente de expansión térmica, podemos calcular el aumento de longitud de la pieza mediante las expresiones (3.2) y (3.3).

$$\Delta l = \beta \cdot l \cdot \Delta \vartheta_m \quad (3.2)$$

$$\Delta \vartheta_m = \frac{1}{l} \int_0^l \Delta \vartheta(x) dx \quad (3.3)$$

Donde para el diseñador que necesita calcular Δl es interesante:

- El coeficiente de expansión longitudinal β
- La longitud l de la pieza
- La temperatura media $\Delta \vartheta_m$ de esa longitud de la pieza

Y de este modo poder determinarlo.

La expansión obtenida tiene características de diseño, cada componente debe definirse claramente en su ubicación, y podrá tener los grados de libertad necesarios para obtener un rendimiento adecuado del sistema. En general se determina inicialmente un punto de referencia, y a continuación se completa el diseño mediante elementos tales como cojinetes o rodamientos, de modo que el movimiento de las piezas sea el deseado. Por ejemplo un elemento flotante, como puede ser un helicóptero o un satélite, tiene 3 grados de libertad longitudinales en los ejes x, y, z, así como otros 3 grados de libertad de rotación en los mismos ejes. Un cabezal giratorio de empuje, como podría ser el cojinete en un eje de transmisión, tiene un grado de libertad de rotación, y puede tener otro grado de libertad de desplazamiento en el mismo eje en el que tiene la rotación. Un cuerpo fijado en un punto, como una brida rígida, no tiene ningún grado de libertad y por lo tanto la pieza en ese punto no poseerá ningún tipo de dilatación o contracción/42/.

3.2.3 Dilatación relativa entre piezas

Hasta ahora hemos estudiado la dilatación individual de una sola pieza aislada. Muy a menudo hay que controlar la dilatación relativa entre varios componentes, cuando existen tensiones mutuas entre ellas, o cuando es necesario respetar un juego determinado por razones de funcionamiento. También el cambio de la temperatura con el tiempo es un problema a resolver cuando es necesario diseñar una pieza.

La dilatación relativa entre dos piezas es calculada mediante la relación mostrada en la fórmula (3.4) /42/.

$$\delta_{Rel} = \beta_1 \cdot l_1 \cdot \Delta\vartheta_{m1(t)} - \beta_2 \cdot l_2 \cdot \Delta\vartheta_{m2(t)} \quad (3.4)$$

3.2.3.1 Relación relativa estacionaria

En este caso la diferencia de temperaturas medias en las piezas se mantiene constante, por lo tanto el tiempo es una variable independiente, realizando el cálculo como en el caso anterior, tan solo teniendo en cuenta esta particularidad de este caso./42/.

3.2.3.2 Relación relativa transitoria

Hay casos en los que el estado transitorio es mucho mayor que el estado estacionario, debido a que las temperaturas de los componentes pueden ser muy diferentes, como por ejemplo en el caso de una calefacción. Para la opción mas frecuente, que es que todas las piezas tienen la misma longitud, y además el coeficiente de dilatación térmica es igual, podemos utilizar las formulas (3.5), (3.6) y (3.7).

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta \quad (3.5)$$

$$l_1 = l_2 = l \quad (3.6)$$

$$\delta_{Rel} = \beta \cdot l (\Delta\vartheta_{m1(t)} - \Delta\vartheta_{m2(t)}) \quad (3.7)$$

Se ha especificado por *Endres* /14/ y *Salm* /45/ la dilatación de componentes para diferentes casos posibles de calentamiento. No hay diferencia entre si se realiza un calentamiento brusco o un calentamiento lineal de las piezas en la caracterización de la constante de tiempo de calentamiento. Si se considera el calentamiento de una pieza $\Delta\vartheta_m$, con un calentamiento final de esta pieza $\Delta\vartheta^*$ podemos observar que tan solo para paredes muy delgadas y alta

conductividad térmica se puede considerar que el calentamiento se realiza de forma cuasiinstantánea, esta relación se muestra en la fórmula (3.8).

$$\Delta\vartheta_m = \Delta\vartheta^*(1 - e^{-t/T}) \quad (3.8)$$

En esta relación t es el tiempo y T es la constante de tiempo, la cual puede ser calculada con la expresión (3.9).

$$T = c m / \alpha A \quad (3.9)$$

Donde:

$c =$ conductividad térmica del material de la pieza

$m =$ Masa de la pieza

$\alpha =$ Coeficiente de transferencia de calor en la superficie caliente de la pieza

$A =$ Superficie caliente de la pieza

A pesar de la simplicidad de la simplicidad de este método, éste es adecuado, con constantes de tiempo diferentes entre las piezas 1 y 2, con diferentes gradientes de temperatura, hasta en un determinado tiempo crítico, tienen una diferencia máxima, esta es la diferencia de temperatura que provoca la dilatación relativa máxima. Aquí pueden ser introducidos los juegos previstos, o ciertas condiciones en el caso de apriete, tales como el punto de fluencia del material. Si conseguimos evitar una diferencia de temperatura entre las piezas podremos igualar las constantes de tiempo en las piezas involucradas, entonces no se realiza una dilatación relativa, este objetivo no siempre será alcanzable, pero para aproximar las constantes de tiempo, es decir, reducir la dilatación relativa será necesario igualar la expresión $m = V \rho$ para las piezas involucradas.

$$T = c \cdot \rho \cdot \frac{V}{A} \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (3.10)$$

Donde:

$V =$ Volumen de las piezas

$\rho =$ Densidad del material de las piezas

Dos posibles caminos de diseño:

- Aproximación de la relación de volumen de superficie calentada: V/A
- Corrección para influir en el coeficiente de transferencia de calor α con la ayuda de por ejemplo camisas de protección o de velocidades de flujo /42/

4 Diseño

4.1 Introducción

Analizamos las necesidades que presenta nuestro utillaje, dividiendo los problemas en unidades, analizándolos de forma independiente para lograr simplificar el proceso de diseño, a continuación se busca la combinación de estas soluciones de forma que logremos alcanzar todos los objetivos que se habían fijado, realizando las modificaciones que se consideren oportunas de estas soluciones en el caso de que se considere necesario.

4.2 División del problema inicial en problemas unidad

Cuando analizamos el problema global podemos ver que tanto el ELB como su mango deben estar perfectamente posicionados, además una vez que estos elementos han sido posicionados debemos impedir el movimiento relativo entre ellos para lograr una buena calidad del producto fabricado.

Además tenemos que tener en cuenta que debido a la utilización de un adhesivo industrial este deberá realizar el curado en un horno a una temperatura de curado y un tiempo de curación fijados por el fabricante del adhesivo, por lo tanto tendremos que realizar el diseño teniendo en cuenta estos factores.

Por lo tanto deberemos pensar como fijar tanto el ELB como el mango, así como la forma de realizar el movimiento entre ELB y mango de forma que el adhesivo quede perfectamente distribuido, además tendremos que tener en cuenta que el adhesivo es fluido, y por lo tanto hay que pensar en como impedir la entrada de este en el canal destinado a refrigerante que posee el ELB en su interior.

Otro de los requisitos que tiene nuestro utillaje es la necesidad de que tenga la capacidad de realizar la unión de diferentes diámetros de ELB con sus respectivos mangos con la mínima variación en el utillaje posible.

4.2.1 Fijación del mango

En la fijación del mango es muy importante que no se pueda mover, realizando la fijación del mango mediante una pieza, teniendo esta última los requisitos de dirección que posee el mango.

Por otro lado deberemos realizar el diseño del utillaje de forma que este sea lo más sencillo posible, debido a que bajo estas condiciones se obtienen mejores resultados en calidad, también hay que tener en cuenta la facilidad de montaje, debido a que un diseño, que teóricamente es bueno, puede ser descartado debido a un complejo montaje. También tendremos en cuenta el número de piezas involucradas en el diseño, ya que en líneas generales cuanto menor sea el número de piezas a fabricar mas barata será la fabricación del utillaje.

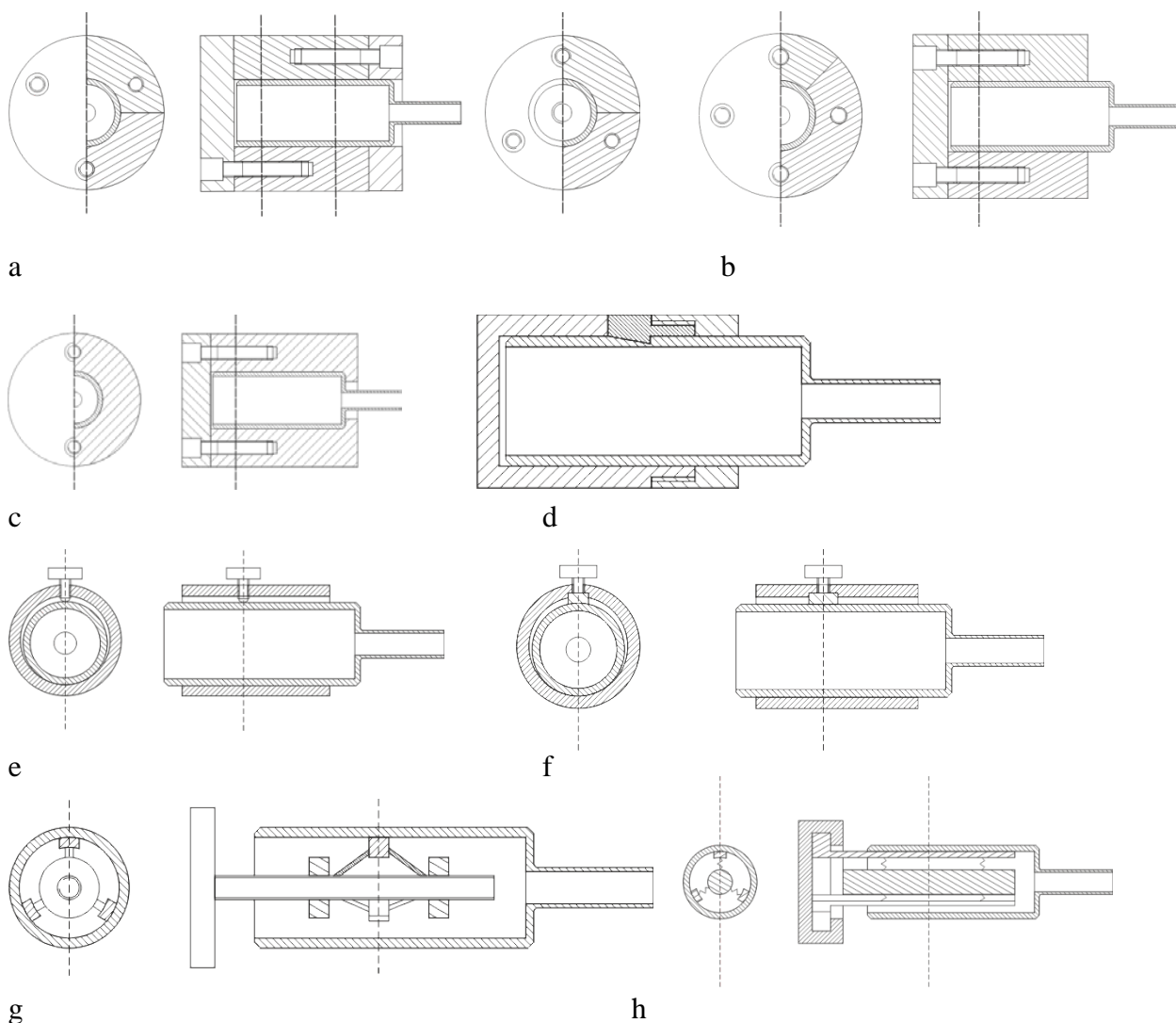


Figura 4.1: Opciones fijación del mango

La primera opción es un anillo partido por la mitad, con una tapa por cada lado para asegurar que el conjunto no se mueve, situadas en la parte frontal y la parte posterior del anillo, Figura 4.1 a, en esta opción se realiza la presión por ambas partes del anillo, lo que produce una buena fijación del conjunto, además al poder mecanizar fácilmente la parte externa del anillo podremos tener asegurada la dirección que toma el mango de la broca que se aloja en el interior de este, en la Figura 4.1 b tenemos una variante de la opción anterior, en la que solo tenemos una tapacera en la parte trasera del anillo, en este caso la fijación no está tan asegurada como en el caso anterior, aunque sigue siendo buena, y la dirección del mango sigue siendo correcta, otra variante la tenemos en la Figura 4.1 c, en este caso tenemos un anillo de una pieza con una tapa para cerrar el conjunto, en este caso la presión para mantener el conjunto unido se realiza en la dirección del eje de simetría, con esto conseguimos una muy buena fijación y dirección del conjunto, siendo además la opción mas simple de las mostradas hasta el momento. En la figura 4.1 c tenemos una fijación por forma, aprovechando una pequeña cavidad que tiene el mango en su parte externa, con esta opción tenemos una buena fijación y buena dirección del mango, aunque también es cierto que es una opción mas complicada de fabricar que en los casos anteriores. En las figuras 4.1 e y f tenemos dos opciones de fijación mediante un tornillo, uno protegido y el otro sin proteger, estas opciones garantizan una buena fijación del mango, aunque la posición no esta bien asegurada debido a la excentricidad que genera el método, finalmente en las figuras 4.1 g y h tenemos dos opciones de fijación por el interior del mango, la ventaja de estas opciones es que se requiere menos material para su fabricación, aunque debido a las pequeñas dimensiones de las piezas son opciones complicadas de llevar a la realidad, además ni la fijación ni la dirección del mango son tan buenas como en los casos anteriores.

Opción \ Criterio	Número de piezas	Facilidad de fabricación	Facilidad de montaje	Dirección	Fijación	Resumen
2 tapas con anillo partido Fig. 4.1 a	-	0	0	++	++	+
Una tapa con anillo partido Fig. 4.1 b	0	0	+	++	+	+
Tapa y anillo Fig.4.1 c	++	++	++	++	++	++
Fijación por forma Fig. 4.1 d	+	-	+	--	++	0
Fijación con tornillo Fig. 4.1 e	++	++	++	--	0	-
Fijación con tornillo protegido Fig. 4.1 f	+	+	++	--	0	-
Tornillo interior Fig. 4.1 g	--	--	-	+	+	--
Muelles Fig. 4.1 h	--	--	-	+	+	--

Leyenda: ++ = muy bueno, + = bueno, 0 =Neutral, - = Malo, -- = Muy malo

Tabla 4.1 Fijación del mango

4.2.2 Fijación de la broca

La fijación de la borca debe ser perfecta, de modo que cuando la broca quede fijada esta no pueda moverse, además debe tener una posición en el espacio muy concreta, debido a que en el momento de realizar la unión entre el mango y la borca, ésta última deberá entrar dentro del mango una determinada longitud, quedando ambas piezas perfectamente centradas. Con el objetivo de conseguir una mejor calidad de los taladros fabricados con esta broca.

Para lograr estos objetivos diseñaremos la fijación de la borca en dos partes, la primera será la parte inferior, que tiene el objetivo de lograr la posición que necesitamos, y por el otro la parte superior de la fijación, con el objetivo de lograr la fijación de la broca.

4.2.2.1 Fijación inferior de la broca

Como hemos dicho anteriormente la fijación inferior de la borca tiene el objetivo de lograr el correcto posicionamiento de esta, por lo que tendremos que asegurar tanto la posición como la orientación de la broca. Además como en el caso anterior deberemos realizar diseños lo mas sencillo de fabricar y montar posible, así como tendremos en cuenta el número de piezas que se deben fabricar.

Una solución obvia de este problema es la realización de una pequeña acanaladura en donde irá colocada la broca, debido al pequeño diámetro de brocas que vamos a unir esta acanaladura también deberá realizarse de pequeñas dimensiones, por lo tanto cabe la posibilidad de que no sea factible la realización de la acanaladura en una sola pieza, sino que debamos realizarla en dos piezas independientes y unirlas posteriormente para formar la pieza final, por lo tanto deberemos realizar por un lado el diseño de la geometría de la acanaladura y por otro lado el diseño de la metodología de unión de las dos piezas en el caso de que no sea posible la realización de la acanaladura, el camino de resolución queda identificado en la Figura 4.2.

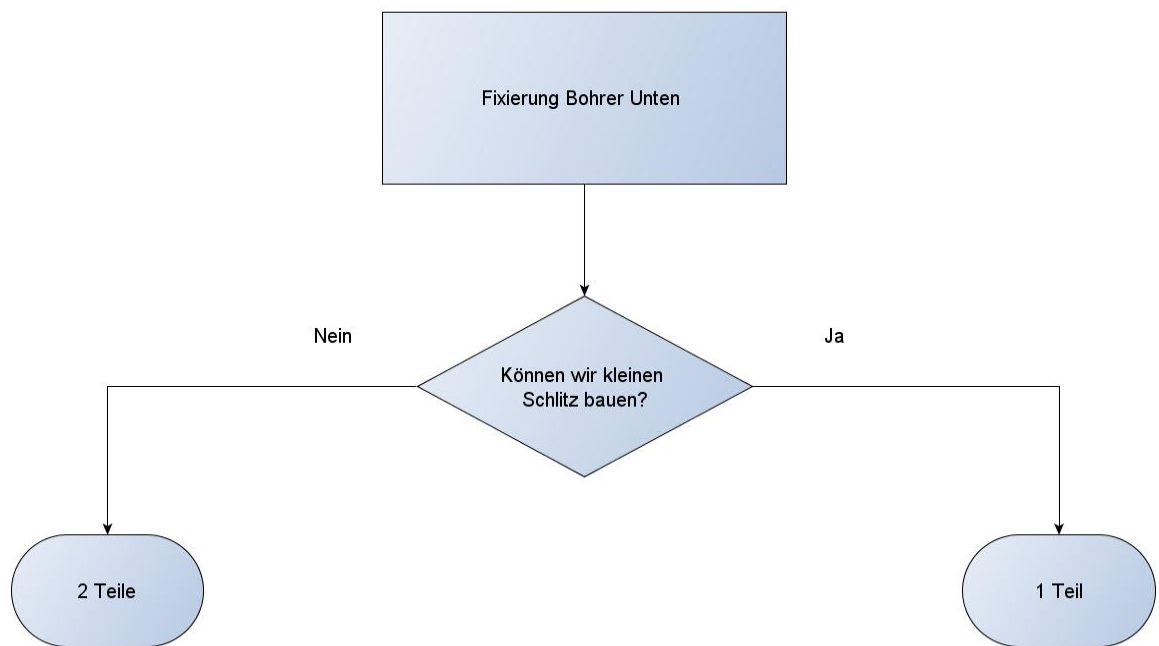


Figura 4.2 Caminos de resolución de la fijación inferior de la broca

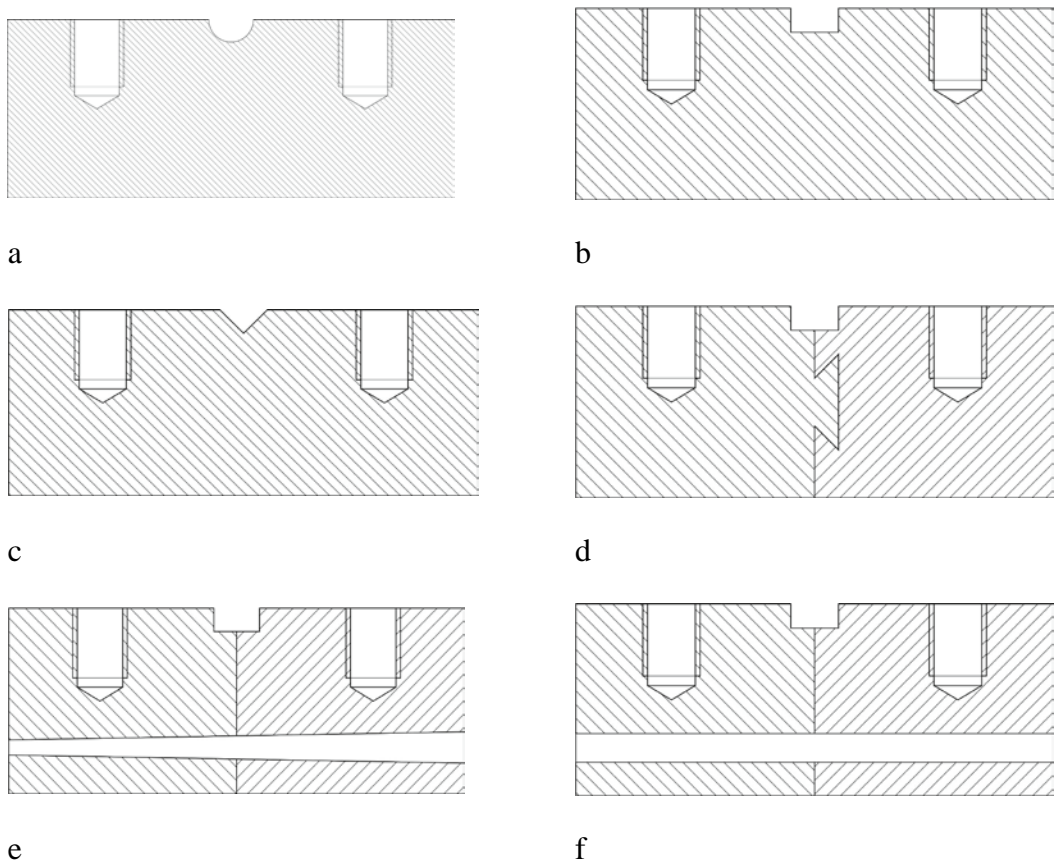


Figura 4.3 Posibilidades de la fijación inferior de la broca

En las figuras 4.3 a, b y c tenemos tres posibilidades de ranura: semicírculo, cuadrado y triángulo. En la posibilidad del semicírculo, Figura 4.3 a, toda la superficie de la ranura toca teóricamente la broca, por lo tanto en esta posibilidad deberemos de realizar la ranura muy bien, con una tolerancia de fabricación muy pequeña, además en esta posibilidad la forma de la ranura hace que la fresa tenga que tener una forma complicada, además de que es posible que sea irrealizable en dos piezas esta posibilidad. En la posibilidad del cuadrado, Figura 4.3 b, la posición de la broca la marcan dos líneas, por lo que las tolerancias de fabricación podrán ser inferiores a las que necesitábamos en el caso anterior, por otro lado esta forma sería fácilmente fabricable en dos piezas. Finalmente en la Figura 4.3 c tenemos la tercera posibilidad, el triángulo, en el que la posición de la broca la marcan los planos inclinados, por este motivo será mas fácil de fabricar que en el caso del semicírculo, aunque también hay que reseñar que sería mas complicado de fabricar que el caso del cuadrado.

En las figuras 4.3 d, e y f, tenemos tres posibilidades de unión entre las dos piezas necesarias para realizar la ranura, en el caso de que sea necesario fabricar la fijación inferior en dos piezas, en la primera opción, figura 4.3 d, la unión se realiza mediante una guía, este método garantiza que las piezas queden colocadas en su posición, aunque la fabricación de las piezas sería compleja, en la figura 4.3 e esta unión se realiza mediante un tronco cónico, por lo que también se asegura el correcto posicionamiento de las piezas, y con la ventaja de que la fabricación de esta posibilidad es mucho mas sencilla que la que se nos presentaba en la posibilidad anterior. Finalmente en la figura 4.3 f tenemos una posibilidad de unión mediante un cilindro calibrado, esta posibilidad es la mas sencilla de fabricar de las expuestas, aunque el posicionamiento queda algo menos asegurado que el que teníamos en el caso anterior si las tolerancias elegidas de los cilindros es lo suficientemente buena sería una posibilidad a tener en cuenta.

Posibilidad \ Criterio	Número de piezas	Facilidad de fabricación	Facilidad de montaje	Posicionamiento	Resumen
Semicirculo Fig. 4.3 a	++	-	++	0	0
Cuadrado Fig. 4.3 b	++	++	++	++	++
Triángulo Fig. 4.3 c	++	+	++	+	+
Guía Fig. 4.3 d	+	--	0	+	-
Tronco de cono Fig. 4.3 e	+	0	0	+	0
Cilindro calibrado Fig. 4.3 f	+	+	0	0	+

Leyenda: ++ = Muy bueno, + = Bueno, 0 =Neutral, - = Malo, -- = Muy malo

Tabla 4.2 Fijación inferior de la broca

4.2.2.2 Fijación superior de la broca

El objetivo de la fijación superior de la broca es impedir el movimiento de esta una vez que ha sido colocada en su posición, además de este objetivo principal tenemos otros objetivos secundarios como en los casos anteriores del mínimo número de piezas a fabricar y de la facilidad de montaje y fabricación de las piezas involucradas.

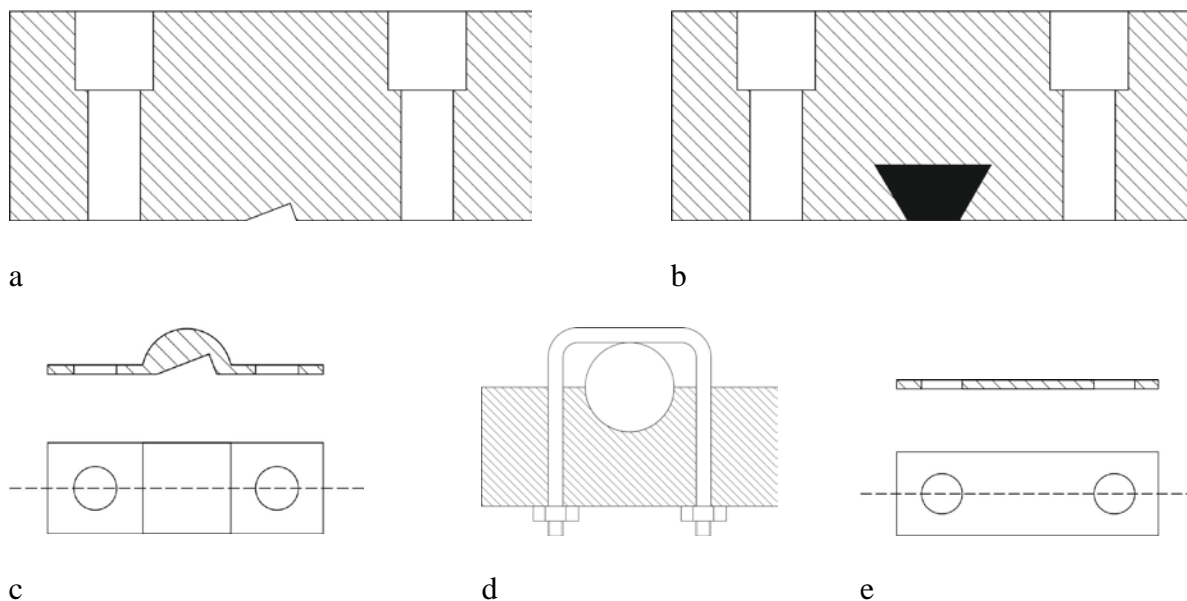


Figura 4.4 Posibilidades de la fijación superior de la broca

En la figura 4.4 a tenemos una fijación por forma, en la que realizamos una acanaladura con la forma especial en forma de V que presenta la broca en su parte superior, esta posibilidad logra una muy buena fijación de la broca, aunque la fabricación de esta acanaladura sería un desafío desde el punto de vista de la fabricación, otra posibilidad la encontramos en la figura 4.4 b, en la que la fijación se realiza por medio de un caucho, debido a esto la fijación es buena y la fabricación de esta posibilidad no es tan complicada como en el caso anterior, por otro lado hay que tener en cuenta que la pieza fabricada va a trabajar a una temperatura superior a la temperatura ambiente para curar el adhesivo, por lo que deberemos elegir un caucho que mantenga sus propiedades a la temperatura de trabajo, en la figura 4.4 c la solución propuesta es una variante de la figura 4.4 a, con la diferencia de que en este caso la acanaladura no se realiza a lo largo de toda la broca, sino en una longitud mucho menos, por lo que la fabricación será mas simple que en el primer caso, aunque sigue siendo una acanaladura complicada de fabricar, en la figura 4.4 d la posibilidad expuesta es mediante una barilla roscada y doblada, este es un caso muy simple de resolver el problema, logrando una buena

fijación, que es el objetivo de esta pieza, y finalmente en la figura 4.4 e, tenemos una fijación mediante una chapita, que mediante 2 tornillos quedaría perfectamente fijada a la fijación inferior, y sería una fijación suficiente, teniendo en cuenta las cargas a las que se verá sometida la pieza, además hay que resaltar la extrema sencillez de esta posibilidad.

Posibilidad \ Criterio	Número de piezas	Facilidad de fabricación	Facilidad de montaje	Fijación	Resumen
Fijación por forma Fig. 4.4 a	+	-	+	++	-
Caucho Fig. 4.4 b	0	0	+	+	0
Pequeña fijación por forma Fig. 4.4 c	++	--	+	++	--
Varilla roscada Fig. 4.4 d	0	+	+	++	+
Pequeña chapita Fig. 4.4 e	++	++	++	+	++

Leyenda: ++ = muy bien, + = bien, 0 =Neutral, - = Mal, -- = Muy mal

Tabla 4.3 Fijación superior de la broca

4.2.3 Realización del movimiento de fijación

Este problema es como realizar el movimiento relativo entre broca y mango, este movimiento debe ser una combinación entre un movimiento de traslación y otro movimiento de rotación, estos dos movimientos son necesarios para lograr una distribución homogénea del adhesivo en la superficie a unir, también será necesario lograr una buena alineación entre la broca y el mango una vez ha terminado el movimiento, y como en los casos anteriores tendremos los objetivos secundarios de minimizar el número de piezas a fabricar, así como la facilidad de montaje y fabricación de las mismas.

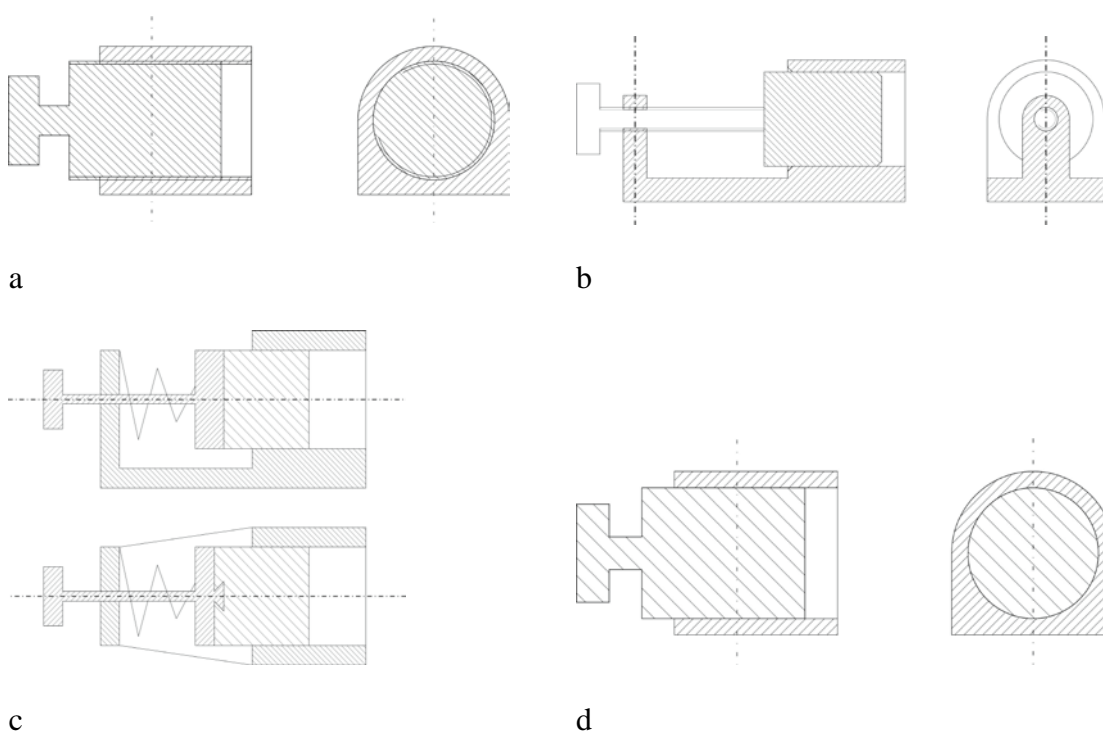


Figura 4.5 Posibilidades para realizar el movimiento de fijación

La posibilidad de la figura 4.5 a es un movimiento mediante una rosca mecanizada en la zona externa de la fijación del mango, así como en la bancada, en este caso aunque el movimiento relativo esta asegurado que será como nosotros queremos no esta tan asegurada que la dirección del mango y de la broca sean las correctas, para evitar este problema se independiza la rosca de la parte externa de la fijación del mango, figura 4.5 b, en la que evitamos este problema, ya que podemos mecanizar con una buena tolerancia tanto la parte externa de la fijación del mango como la bancada, ya que en este caso el movimiento sería de traslación de un cilindro dentro de otro, otra variante sería la expuesta en la figura 4.5 c, en la que el movimiento de traslación y rotación se consigue mediante un muelle combinación de un

muelle de torsión y un muelle longitudinal, finalmente debemos pensar si es necesario conocer exactamente la trayectoria que siguen las piezas, o si esta puede ser realizada manualmente, figura 4.5 d, en la que el movimiento de rotación y traslación se realiza con la mano, simplificando lógicamente mucho el sistema, así como su fabricación.

Opciones \ Criterio	Número de piezas	Facilidad de fabricación	Facilidad de montaje	Dirección	Resumen
Rosca en el cilindro Fig. 4.5 a	++	0	+	0	0
Rosca fuera del cilindro Fig. 4.5 b	+	-	0	++	+
Muelle Fig. 4.5 c	0	--	-	++	0
Cilindro Fig. 4.5 d	++	++	++	++	++

Leyenda: ++ = muy bien, + = bien, 0 =Neutral, - = Mal, -- = Mul mal

Tabla 4.4 Movimiento de fijación

4.2.4 Detención del adhesivo

Al trabajar con un adhesivo tenemos que tener en cuenta de que este antes de estar curado este es fluido, y por lo tanto tenemos el riesgo de que entre en el conducto que tiene la broca en su interior para el líquido de refrigeración, por lo tanto deberemos cuantificar el riesgo que corremos de que suceda este problema y en caso de que pueda suceder como evitarlo, para lo cual se exponen tres posibles soluciones:

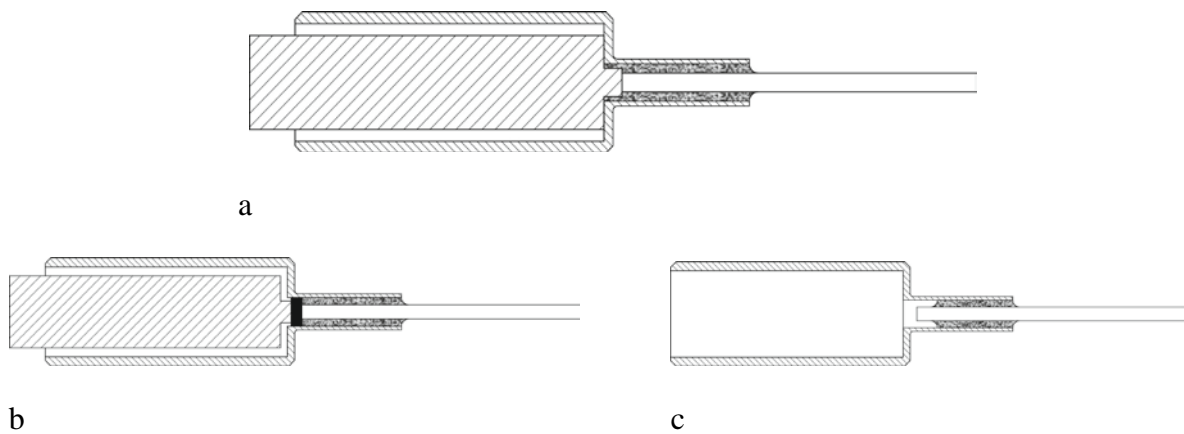


Figura 4.6 Opciones de detención del adhesivo

En la figura 4.6 a se evita que el adhesivo entre en la cavidad mediante una pieza que se coloca delante de la entrada de la broca, interponiéndose así entre la zona en la que debe permanecer el adhesivo y el interior de la broca, una variante de esta posibilidad la podemos ver en la figura 4.6 b, en la que se evita que entre el adhesivo en el interior mediante una pequeña pieza de caucho que entra dentro del conducto de refrigeración, sellando de este modo la entrada del canal, en este caso tenemos que tener en cuenta la temperatura de trabajo del utillaje, eligiendo un tipo de caucho que aguante bien las temperaturas de trabajo, también es posible que debido a las reducidas dimensiones de la zona en la que se encuentra el adhesivo, y la viscosidad que este pueda tener sea complicado que se mueva hasta el conducto de refrigeración, en este caso optaríamos por la opción expuesta en la figura 4.6 c, en la que no se utiliza ningún elemento para la detención del adhesivo, lógicamente esta última opción es la más sencilla de realizar, ya que no hay que fabricar ninguna pieza extra.

Opción \ Criterio	Número de piezas	Facilidad de fabricación	Facilidad de montaje	Buena detención	Resumen
Cierre por forma Fig. 4.6 a	+	+	+	+	+
Caucho Fig. 4.6 b	0	+	+	++	+
Sin detención adhesivo Fig. 4.6 c	++	++	++	0	++

LEYENDA: ++ = Muy bien, + = Bien, 0 = Neutral, - = Mal, -- = Muy mal

Tabla 4.5 Detención del adhesivo

4.2.5 Utilización del utillaje para diferentes diámetros de broca

Tenemos el objetivo de producir una máquina versátil, de modo que podamos realizar la fijación de diferentes diámetro de broca con su mango con una modificación lo más pequeña posible, y que lleve el menor tiempo necesario para la realización de este cambio para lograr un buen diseño, además el sistema deberá proporcionar una buena alineación de las piezas a unir. A poder ser una vez que se ha realizado la adaptación para un diámetro determinado del utillaje este deberá permanecer con esa configuración hasta que se decida cambiar a otro diámetro de broca, para ello tenemos 3 posibilidades mostradas en la figura 4.7.

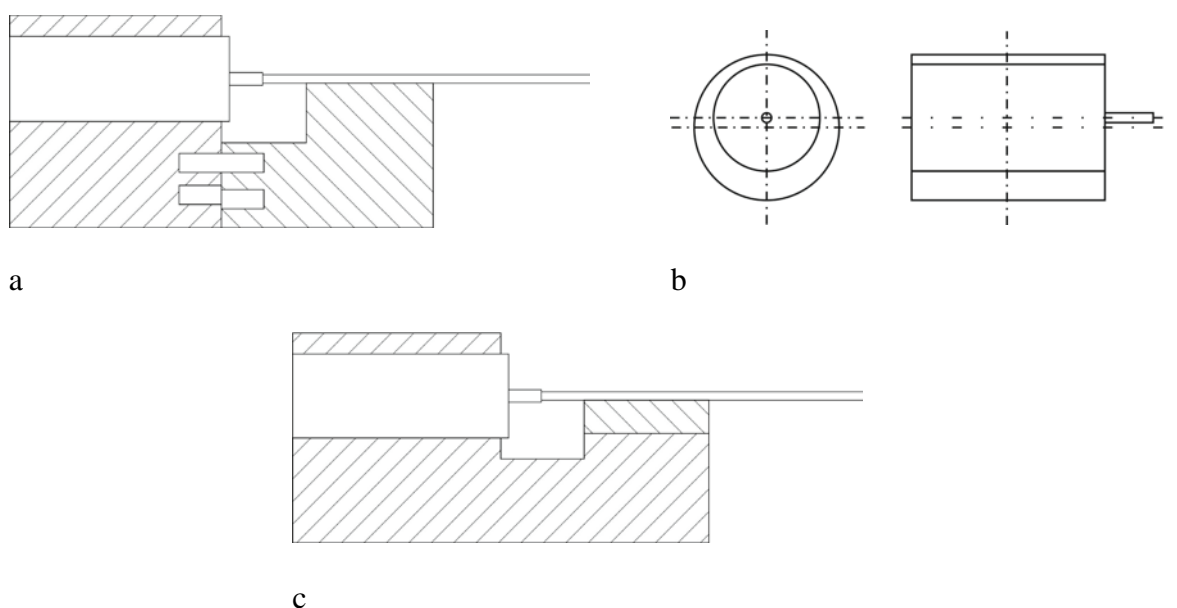


Figura 4.7 Posibilidades para la fabricación de varios diámetros de broca

En la figura 4.7 a dividimos la bancada en dos piezas verticalmente, en la primera se fija el mango y en la segunda se fija la broca, para lograr una buena colocación de la broca respecto a su mango jugamos con la altura relativa entre las dos piezas, introduciendo pins paralelos para posicionar una pieza respecto de la otra en la posición exacta para alinear los ejes longitudinales del mango y la broca, esta posibilidad tiene la ventaja de que no es necesario fabricar ninguna pieza extra, aunque si que es necesario fabricar la bancada en dos partes, además de que el sistema queda configurado para un diámetro determinado hasta que cambiemos de posición los pins paralelos, la desventaja que nos encontramos en este caso es que nos encontramos con multitud de tolerancias, muchas de ellas geométricas, lo que complica sobremanera la fabricación de esta posibilidad, otra opción es la mostrada en la figura 4.7 b, en la que el cambio de altura se realiza descentrando el eje de rotación del mango con el del anillo de la fijación de este, logrando con ello que cuando gira cambie la altura del eje del mango, esta opción tampoco requiere de ninguna pieza extra, aunque se complica también la posición de la broca, debido a que con el cambio de altura también cambiamos la coordenada horizontal, y esto obliga a mover la broca también horizontalmente, por lo que esto supone un impedimento para el correcto posicionamiento relativo entre mango y broca, finalmente en la figura 4.7 c realizamos el cambio de altura partiendo la bancada horizontalmente, cortando solo la zona en la que se apoya la broca, de esta forma, debido a las dimensiones regulares de esta pieza cortada será mucho mas fácil la fabricación de las piezas, en este caso nos decantaremos por fabricar una pieza especial para cada diámetro de broca a

fabricar, en la que lo único que cambiará es la altura de esta pieza, la cual estará perfectamente relacionada con el diámetro de broca que queremos fabricar.

Opción \ Criterio	Número de piezas	Facilidad de fabricación	Facilidad de montaje	Posicionamiento	Resumen
Pins paralelos Fig. 4.7 a	+	+	+	+	+
Cilindro excéntrico Fig. 4.7 b	+	-	--	-	-
“Durchmesserteil” Fig. 4.7 c	0	+	++	++	++

Leyenda: ++ = Muy bien, + = Bien, 0 = Neutral, - = Mal, -- = Muy mal

Tabla 4.6 Utilización del utillaje para diferentes diámetros de broca

4.3 Elección de las soluciones individuales

Hasta ahora hemos analizado cada problema individual aisladamente, a continuación deberemos tomar la información obtenida para lograr la mejor combinación de ellos para conseguir una solución general que satisfaga lo mejor posible los objetivos planteados inicialmente.

La elección del problema de fijación del mango es la de la tapa y cilindro, debido a que esta es fácil de fabricar y montar, y además porque con esta posibilidad podremos conseguir una muy buena tolerancia del producto fabricado, un problema relacionado con el anterior es como realizar el movimiento de fijación relativo entre mango y broca, para este elegimos el del cilindro, sin rosca ni muelle, realizando el movimiento manualmente, debido a que no es necesario conocer exactamente cuantas vueltas se dan entre una pieza y la otra para asegurar que el adhesivo se ha extendido homogéneamente, y es la opción mas simple de las expuestas.

En la fijación inferior de la broca elegimos el cuadrado en cuanto a la forma que debe tener la ranura, porque es la que mejor calidad nos va a dar finalmente, además de que es la mas sencilla de fabricar, ya que tan solo deberemos controlar geométricamente los líneas, correspondientes a los vértices superiores de dicho cuadrado, esta pieza se realizará en una sola parte, ya que después de consultar catálogos de herramientas vemos que es una ranura perfectamente factible de fabricar, y por lo tanto será mucho mas sencillo de realizar así, además de lograr mejores resultados, en cuanto a la fijación superior de la broca se realizará mediante una pequeña chapita, debido a que es la opción mas simple, además de que fija suficientemente bien ambas piezas para que el sistema funcione correctamente.

En cuanto a la forma de detención del adhesivo para que no entre en el conducto de refrigeración nos damos cuenta de que no será necesario utilizar ninguna pieza extra, debido a que consideramos que la viscosidad que nos dan los adhesivos es suficiente para que este no penetre dentro de este conducto.

Finalmente en cuanto al problema de la realización de varios diámetros de broca con el mismo utillaje utilizaremos la opción “Durchmesserteil”, debido a que es la forma más sencilla de lograrlo, además de conseguir la mayor calidad del producto terminado, en la tabla 4.7 nos encontramos un resumen de las opciones elegidas para cada problema individual.

Problema unidad	Opción elegida
Fijación del mango	Tapa y cilindro
Fijación inferior de la broca	Cuadrado
Fijación superior de la broca	Chapita pequeña
Movimiento de fijación	Cilindro
Detención del adhesivo	Sin pieza de detención de adhesivo
Fabricación de varios diámetros de broca	“Durchmesserteil”

Tabelle 4.7 Resumen de elección de problemas unidad

5 Concepción

En el capítulo 4.3 elegimos la mejor opción para cada problema unidad, en este punto deberemos dimensionar el utillaje, con el objetivo de realizar la fijación entre el mango y la broca de un ELB, en la figura 5.1 se muestra una primera aproximación a esta solución final.

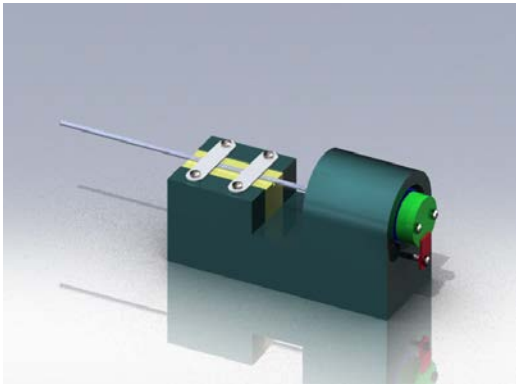


Figura 5.1 Concepción primera solución

Para evitar una deformación asimétrica del utillaje cuando este se pone a temperatura de trabajo, se analiza esta primera aproximación, viendo que en la parte inferior tiene mucha más masa que en la parte superior, por lo tanto para evitar esta situación se realiza una ranura en la parte inferior de forma que se contraresten las deformaciones superiores con las inferiores y de esta forma los ejes de la broca y su mango permanezcan alineados, esta segunda aproximación se muestra en la figura 5.2, esta geometría deberá ser analizada térmicamente mediante un paquete informático de FEM.

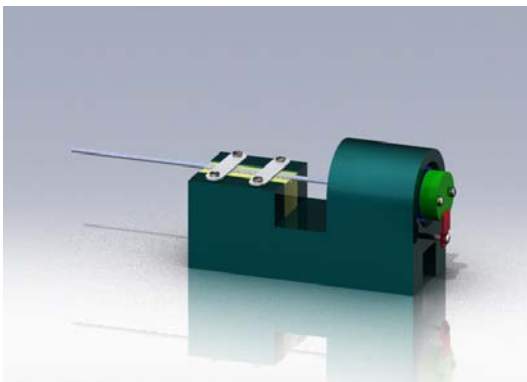


Figura 5.2 Concepción segunda aproximación

5.1 Simulación térmica

En el actual diseño mecánico juega un papel fundamental el diseño con simulación computacional, debido a un ahorro de costes y tiempo en el proceso de diseño, en nuestro caso esta simulación mediante FEM la realizaremos desde el punto de vista térmico, en la que elevaremos la temperatura de nuestro modelo, figura 5.3, desde los 25 °C que corresponden a la temperatura ambiente, hasta los 150 °C correspondientes a la temperatura de trabajo, necesarios para la correcta polimerización del adhesivo utilizado. Debemos comprobar si nuestro modelo adquiere esta temperatura de 150 °C en todo su volumen transcurridos 200 s desde que es introducido en el horno, en la figura 5.4 es mostrada una representación del modelo del utillaje con la malla necesaria para realizar la simulación.

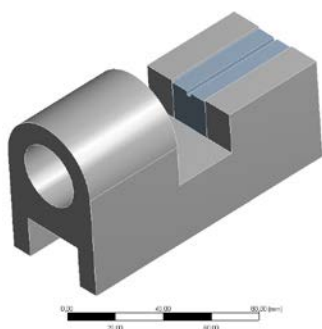


Figura 5.3 Geometría

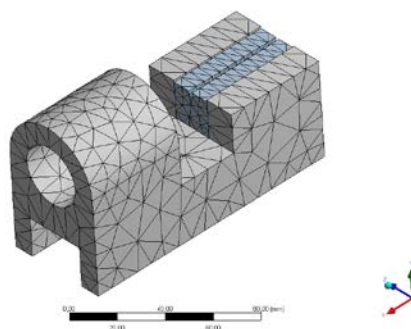


Figura 5.4 Modelo mallado

Con el fin de realizar nuestra simulación mediante FEM, introducimos en el paquete informático los parámetros necesarios para realizarla, figura 5.5, así como una fijación que actuaría como punto de referencia para las deformaciones, mostrado en la figura 5.6, esta fijación impide el movimiento en la dirección y, dejando libres los movimientos en los ejes x y z.

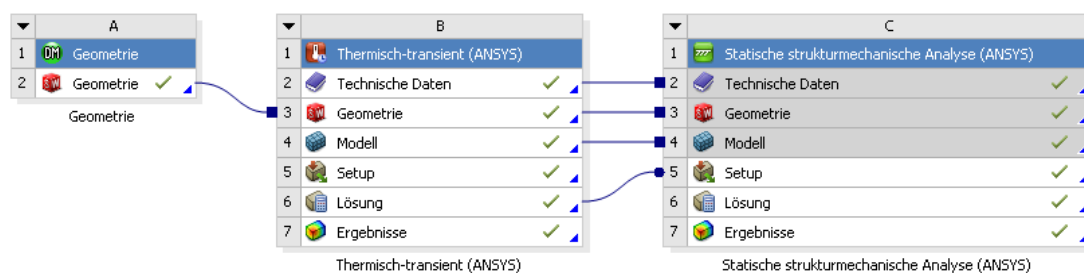


Figura 5.5

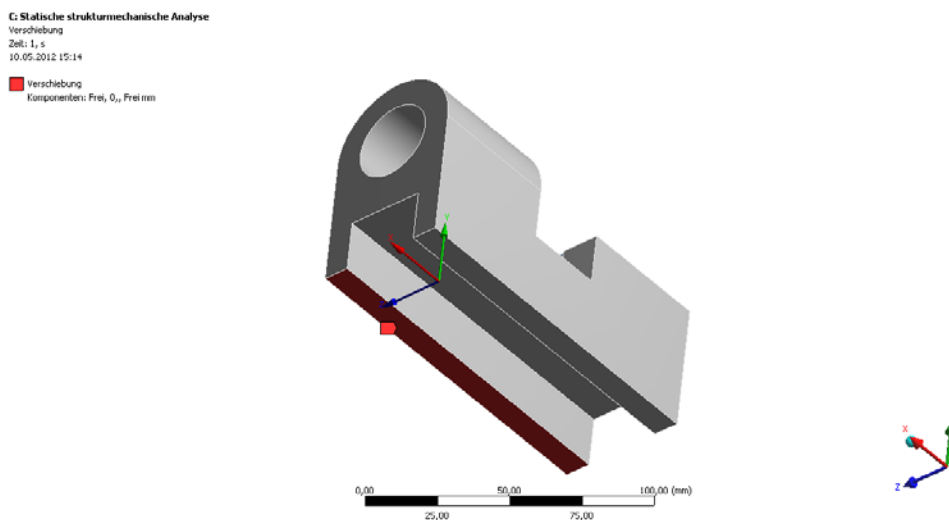


Figura 5.6 Fijación

A continuación realizamos la simulación térmica a nuestro utillaje, vemos los resultados de las deformaciones en la figura 5.7, con el objetivo de ver mejor estos resultados cambiamos la perspectiva de visión, cambiando la vista por una vista frontal, en la figura 5.8 vemos esta vista para temperatura ambiente, y en la figura 5.9 lo hacemos para la temperatura de trabajo, de esta forma podremos comprobar que estas deformaciones están dentro de los límites permitidos, y por lo tanto el diseño mostrado supera la simulación térmica.

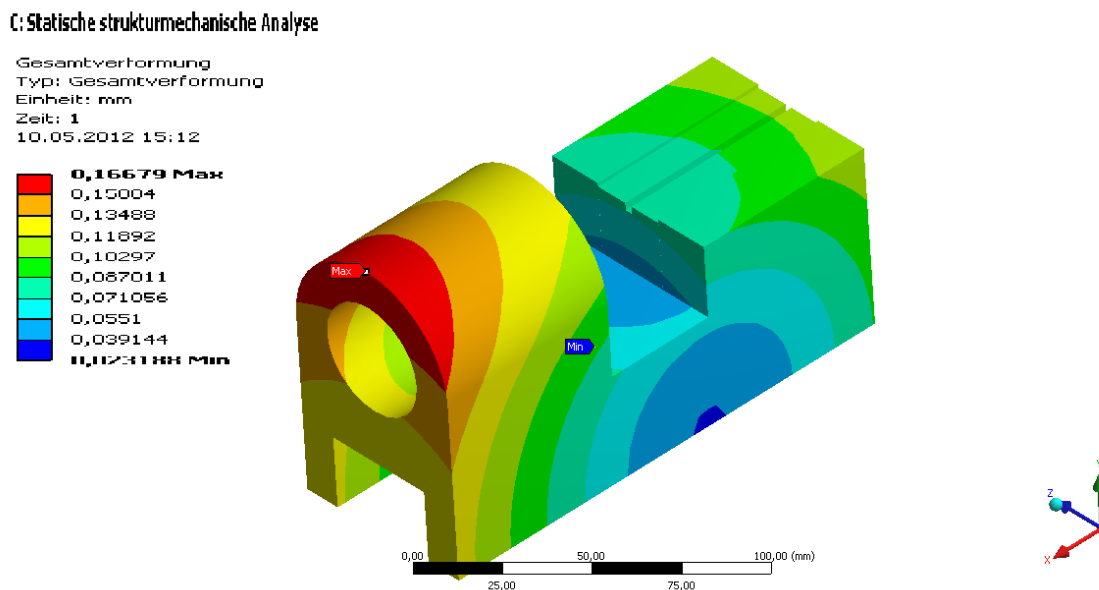


Figura 5.7 Deformaciones

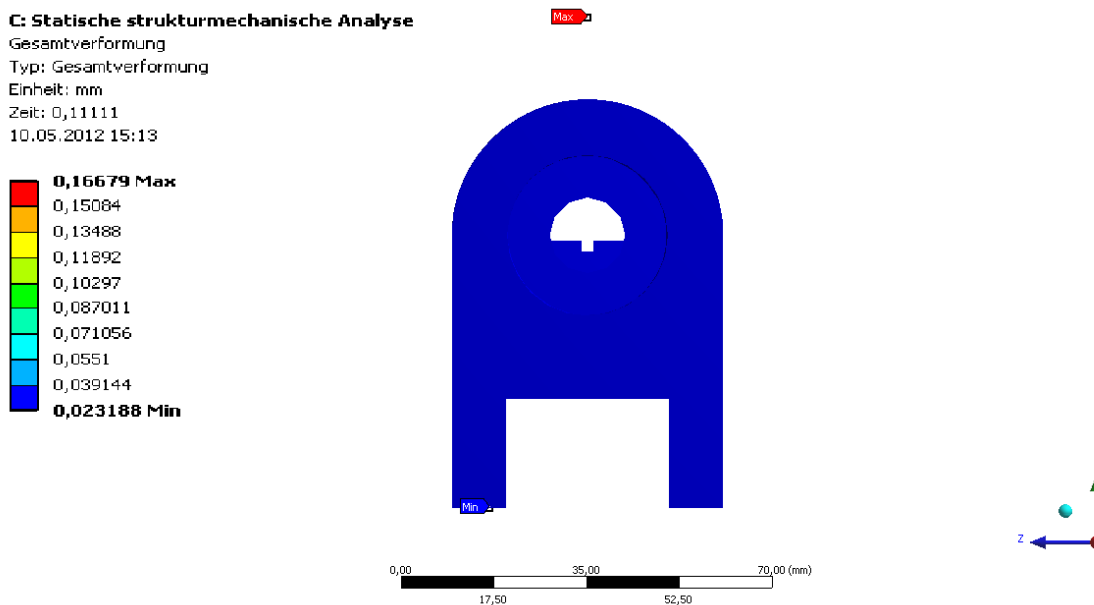


Figura 5.8 Deformaciones de la vista frontal a 25 °C

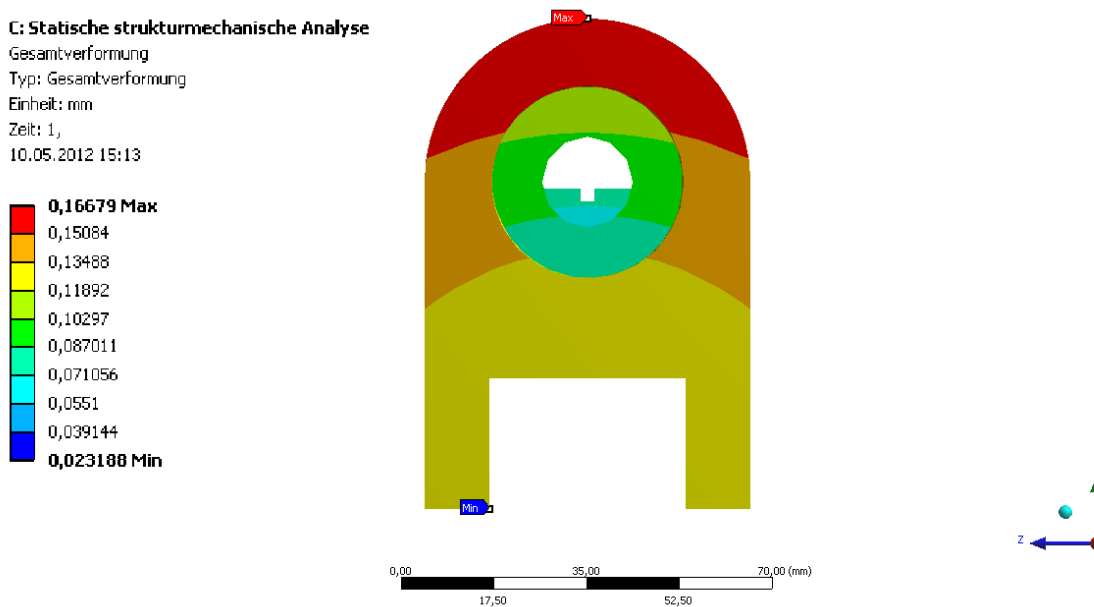


Figura 5.9 Deformaciones de la vista frontal a 150 °C

5.2 Desarrollo de la concepción del utillaje de fijación

Con el objetivo de facilitar la fabricación del aparato se realiza la parte superior de la bancada plana, al simular esta versión se comprobó que las deformaciones no empeoran, por lo tanto es un cambio de diseño admitido, por lo tanto la geometría definitiva de nuestro utillaje queda mostrada en la figura 5.10.

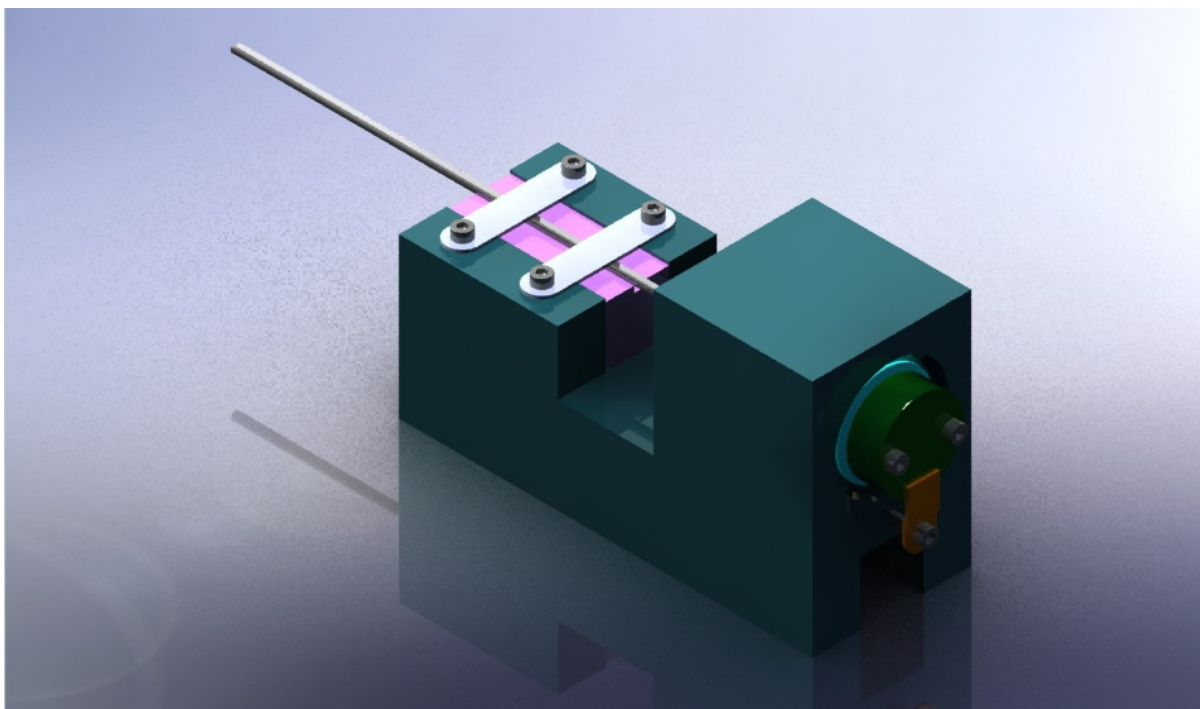


Figura 5.10 Ensamblaje del utillaje de fijación

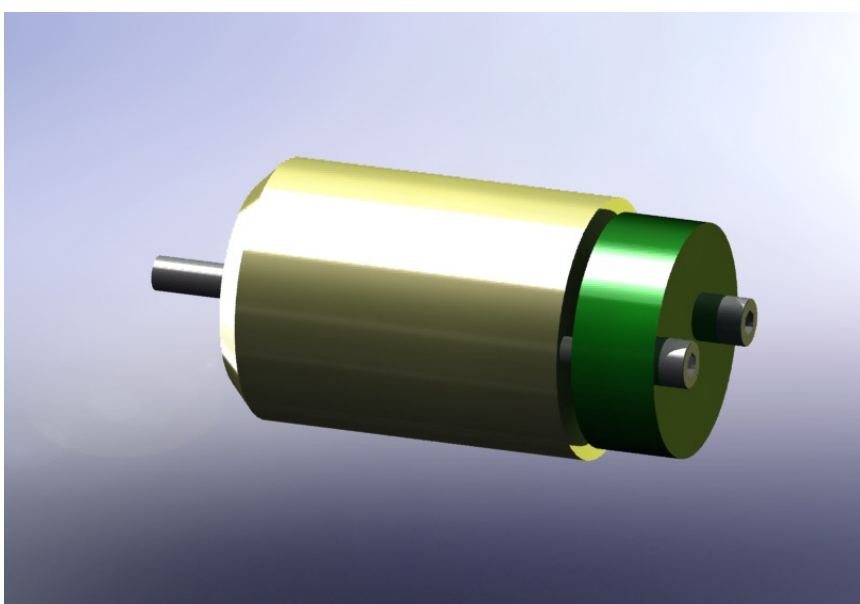


Figura 5.11 Ensamblaje de la fijación del mango

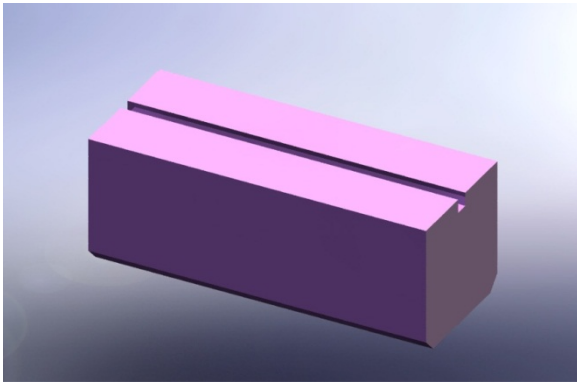


Figura 5.12 Durchmesserteil

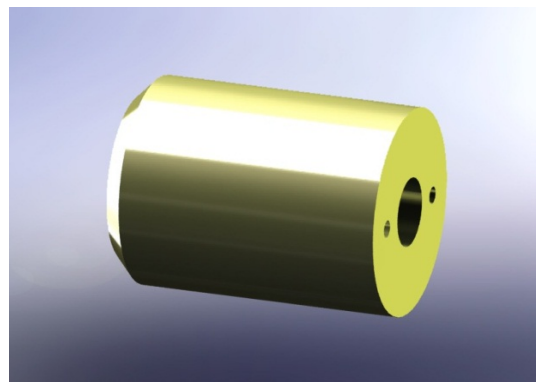


Figura 5.13 Anillo del mango

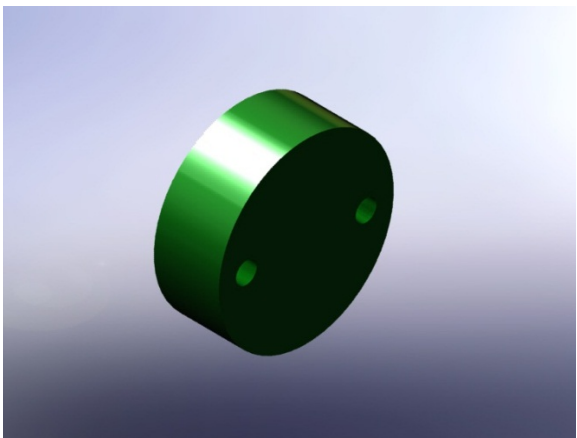


Figura 5.14 Tapa



Figura 5.15 Fijación de la broca

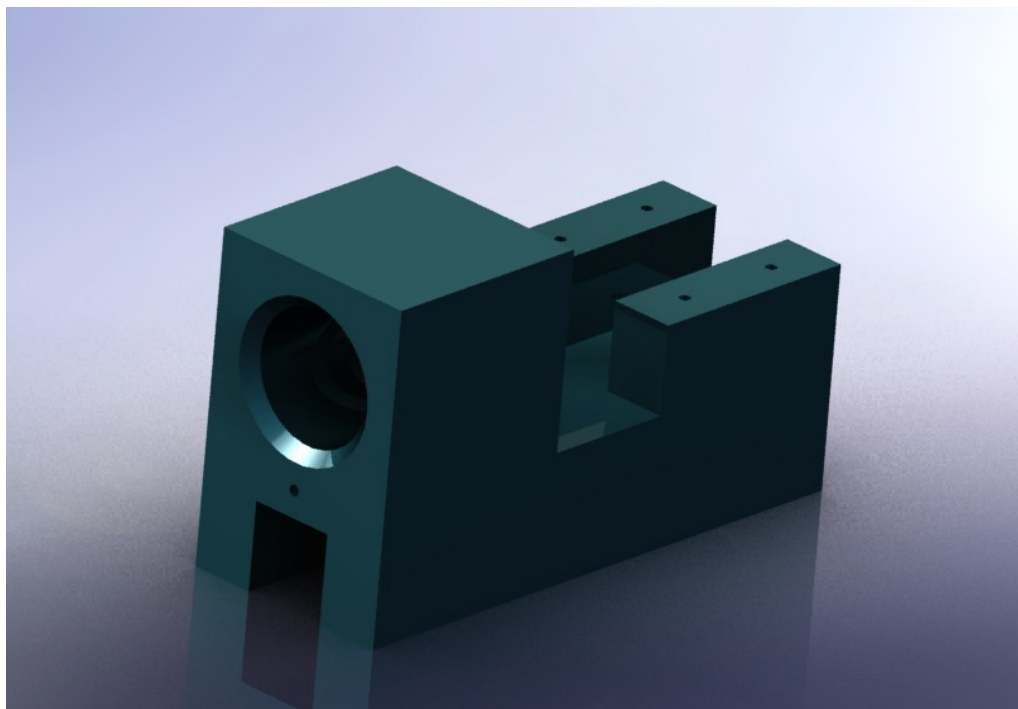


Figura 5.16 Bancada

6 Elección del adhesivo y del material

6.1 Elección del adhesivo

6.1.1 Cálculo del adhesivo necesario

En la figura 6.1 se puede ver un detalle de la zona de la fijación del utillaje.

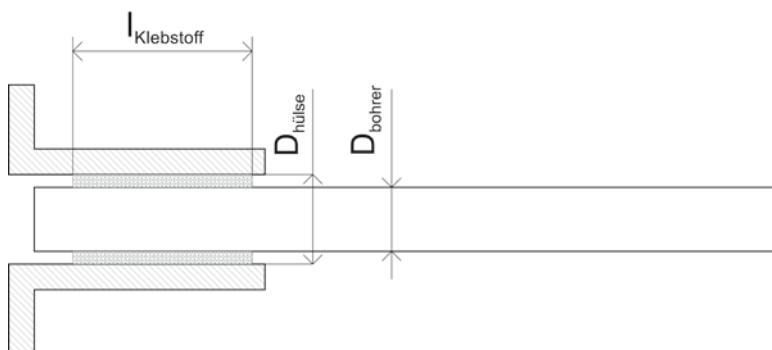


Figura 6.1 Detalle de la zona de fijación

El volumen de adhesivo necesario es:

$$Volumen = l_{fijación} \times \frac{\pi(\Phi_{Mango} - \Phi_{Broca})^2}{4}$$

Para el caso determinado de un diámetro de broca de 2,8 mm necesitamos una longitud de fijación $l_{fijación} = 12$ mm, por lo tanto para realizar la fijación de este diámetro requeriremos aproximadamente 6 ml de adhesivo.

6.1.2 Selección del adhesivo

Tenemos dos opciones de adhesivo para realizar la fijación, las principales características de estos adhesivos son:

Adhesivo	DELOMONOPOX AD 286	DELOMONOPOX AD 295
Temperatura de curado (°C)	+130 ÷ +180	+130 ÷ +180
Tiempo de curado (min)	75 bei +130 °C	40 bei +150 °C
	40 bei +150 °C	
	15 bei +180 °C	
Viscosidad (mPas) a +23 °C, Brookfield S P/U 7/5	310.000	230.000
Módulo de elasticidad (MPa) DIN EN ISO 527 Espesor: 2 mm 40 min a +150 °C	3800	5500

Tabla 6.1 Características principales de los adhesivos

En la elección del adhesivo tenemos factores en cuenta tales como el tiempo y la temperatura de curación requeridos para una correcta polimerización del adhesivo, por otro lado deberemos de tener en cuenta un factor físico tal como la viscosidad, debido a que cuanto más alta sea esta viscosidad mas dificultad tendremos para que el adhesivo entre en el conducto de refrigeración que existe en el interior de la broca, además deberemos de tener en cuenta el modulo de elasticidad, con el objetivo de que el ELB pueda soportar los esfuerzos mecánicos a los que se verá sometido durante su vida útil.

La temperatura de curación de ambos adhesivos esta entre los +130 °C y los +180 °C, por lo tanto este no será un factor decisivo en la toma de decisión del adhesivo utilizado, en cuanto al tiempo de curación es el mismo para ambos adhesivos, para 150 °C, aunque para el adhesivo DELOMONOPOX AD286 tenemos además información para las temperaturas extremas que podemos utilizar, si ahora miramos la viscosidad de los adhesivos podremos ver que es superior en el caso del adhesivo DELOMONOPOX AD286, un 35% superior, y si vemos el módulo de elasticidad podremos ver que en este caso es superior en el caso del adhesivo DELOMONOPOX AD295, un 44% superior, teniendo en cuenta de que ambos adhesivos son capaces de soportar los esfuerzos mecánicos que soportarían durante la vida útil, utilizaremos el adhesivo **DELOMONOPOX AD286**, debido a que este es superior al otro en el resto de parámetros estudiados, o iguales.

6.2 Elección del material

En el momento de la elección de un material debemos pensar como va a trabajar durante su vida útil, en nuestro caso los esfuerzos mecánicos van a ser muy bajos, teniendo solicitaciones casi exclusivamente térmicos, debido a la temperatura de trabajo que va desde los 130 °C hasta los 180 °C, por lo que es una temperatura de trabajo relativamente baja. Para el correcto funcionamiento del utillaje las deformaciones debidas a la temperaturas deben ser lo mas bajas posible, por lo que el coeficiente de dilatación térmica deberá ser lo más pequeño posible, para conseguir que las deformaciones finales sean pequeñas y con ello aumentar la calidad de las piezas fabricadas, además deberemos tener en cuenta la fatiga térmica del material, aunque el número de ciclos no es muy alto, debido a que se requiere un ciclo térmico por cada pieza fabricada.

Las piezas necesarias para la realización del utillaje se van a producir mediante mecanizado, motivo por el cual deberemos elegir un material con fácil mecanizado a poder ser. Además de los criterios de elección mencionados anteriormente hay uno muy importante que no tiene que ver nada con las características del material, y este es el económico, motivo por el cual se elegirá un acero que podamos encontrar dentro del taller de fabricación, ya que este será mas barato que otro que tengamos que comprar específicamente para realizar las piezas, y debido a que el coeficiente de dilatación térmico se mantiene prácticamente constante para todos los aceros no deberíamos de tener problemas desde el punto de vista de calidad de las piezas fabricadas.

7 Fabricación y montaje del utillaje de fijación

7.1 Preparación

Es necesaria la fabricación de una pieza específica para la fabricación de cada diámetro de broca, esta pieza específica denominada “Durchmesserteil”, mostrada en la figura 7.1, deberá tener una altura h que depende del diámetro de dicha broca según la formula 7.1.

$$h = 20 - \sqrt{\left(\frac{\phi_{Broca}}{2}\right)^2 - 1} \quad (mm) \quad (7.1)$$

Donde ϕ_{Broca} es el diámetro de la broca que queremos fabricar.

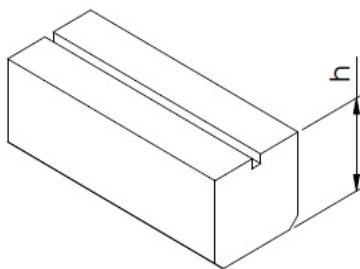


Figura 7.1 Altrua de la pieza „Durchmesserteils“

Con el objetivo de que el mango y la broca del ELB se alineen correctamente fabricaremos inicialmente la pieza „Durchmesserteil“ con una altura de 20 mm, la cual es ligeramente superior a la altura necesaria para el correcto funcionamiento del utillaje, una vez tenemos esta pieza fabricada la montaremos en el utillaje, realizando un montaje preliminar de broca y mango, midiendo a continuación mediante una maquina de medida de alturas, mostrada en la figura 7.2, con la que podremos calcular exactamente que espesor será necesario quitarle a la pieza “Durchmesserteil” para que mango y broca queden alineados. Una vez sabemos la medida a rectificar lo haremos mediante una muela, mostrado en la figura 7.3, logrando así con muy buena precisión el alineamiento de los ejes.

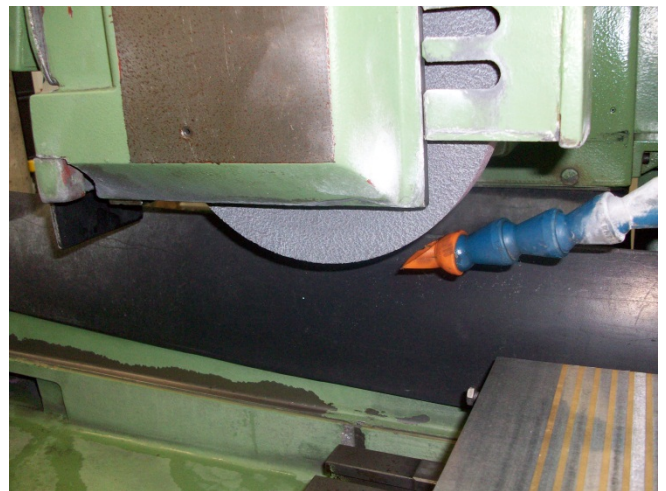


a

b

Figura 7.2

Altura de los centros



a

b

Figura 7.3

Rectificado de la altura de la pieza „Durchmesserteils“

7.2 Montaje

Para realizar la fabricación de un ELB deberemos seguir los siguientes pasos: se comienza por el montaje de la fijación del mango. Para ello se inserta el mango en el anillo del mango cerrando el conjunto mediante la tapa y un par de tornillos, tal y como se muestra en la figura 7.4. A continuación se fija la pieza “Durchmesserteil” en su posición mediante dos tornillos, como se puede apreciar en la figura 7.5.

Una vez realizada la preparación anterior procedemos a realizar la colocación de la broca, una vez esta ha sido limpiada con acetona en la zona donde se va a realizar la unión mediante adhesivo, esta fijación se realiza mediante dos pequeñas piezas que sirven para fijar la broca, tan y como se puede ver en la figura 7.6 a, además podemos apreciar en la figura 7.6 b la colocación exacta que deberá tener la broca respecto a la bancada, con el objetivo de que una vez que ha sido montado todo el conjunto la broca entre en el mango la medida necesaria, la medida mostrada en esta figura es la necesaria para el montaje del caso particular del diámetro de broca de 2,8 mm, siendo esta medida un poco diferente para otros diámetros, para calcular esta distancia deberemos de tener en cuenta que el extremo de la broca deberá penetrar en la parte delantera del mango minimamente la distancia requerida para el correcto funcionamiento del ELB.

Una vez que tenemos fijado la broca procederemos a colocar el adhesivo necesario en sobre la superficie de la broca en la zona de unión, hay que tener en cuenta que deberemos limpiar esta zona con acetona al igual que hicimos anteriormente con el mango de la broca. Una vez que está colocado el adhesivo procederemos a introducir la fijación del mango con un movimiento combinación de traslación y rotación, con el objetivo de que el adhesivo se esparza correctamente por toda la superficie de unión entre ambas piezas, tan como podemos apreciar en la figura 7.7. Finalmente colocamos una pequeña chapa con el objetivo de inmovilizar el conjunto, de modo que quede todo perfectamente unido y lo podamos manipular sin correr el riesgo de que se desmonte, figura 7.8.

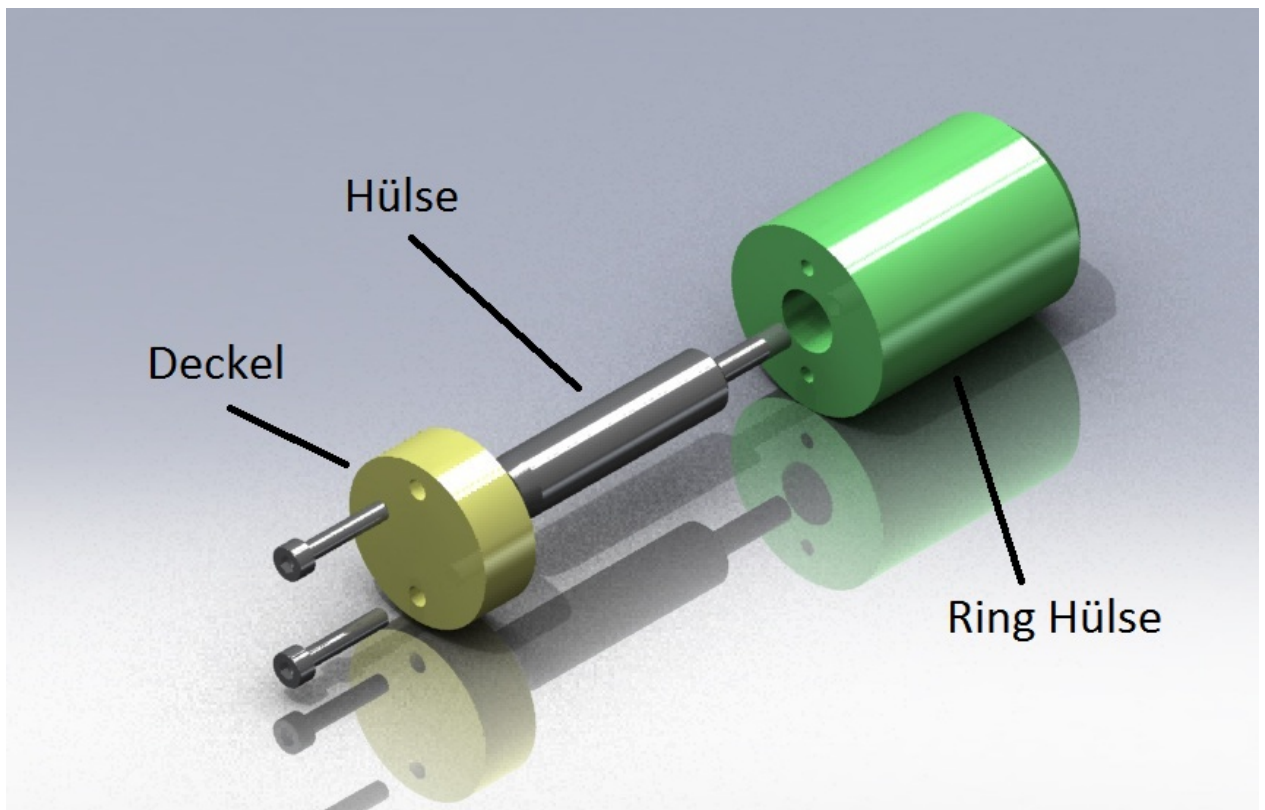


Figura 7.4 Fijación del mango de la broca

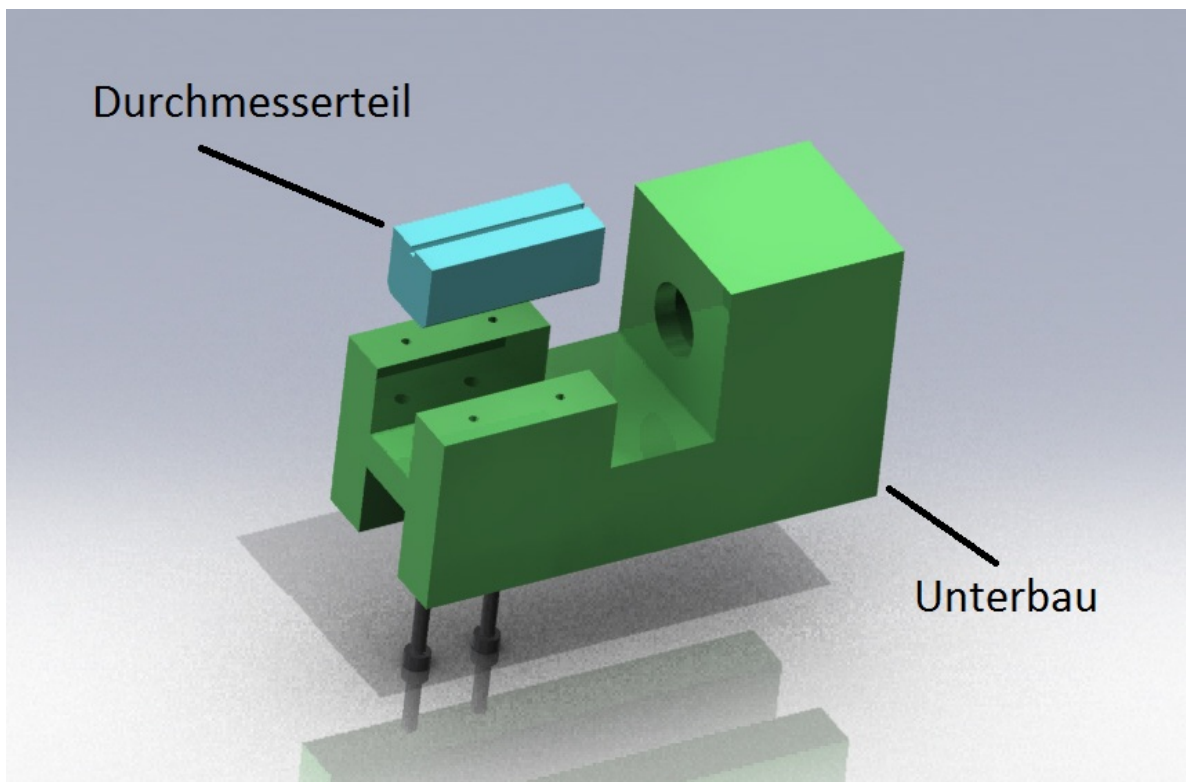
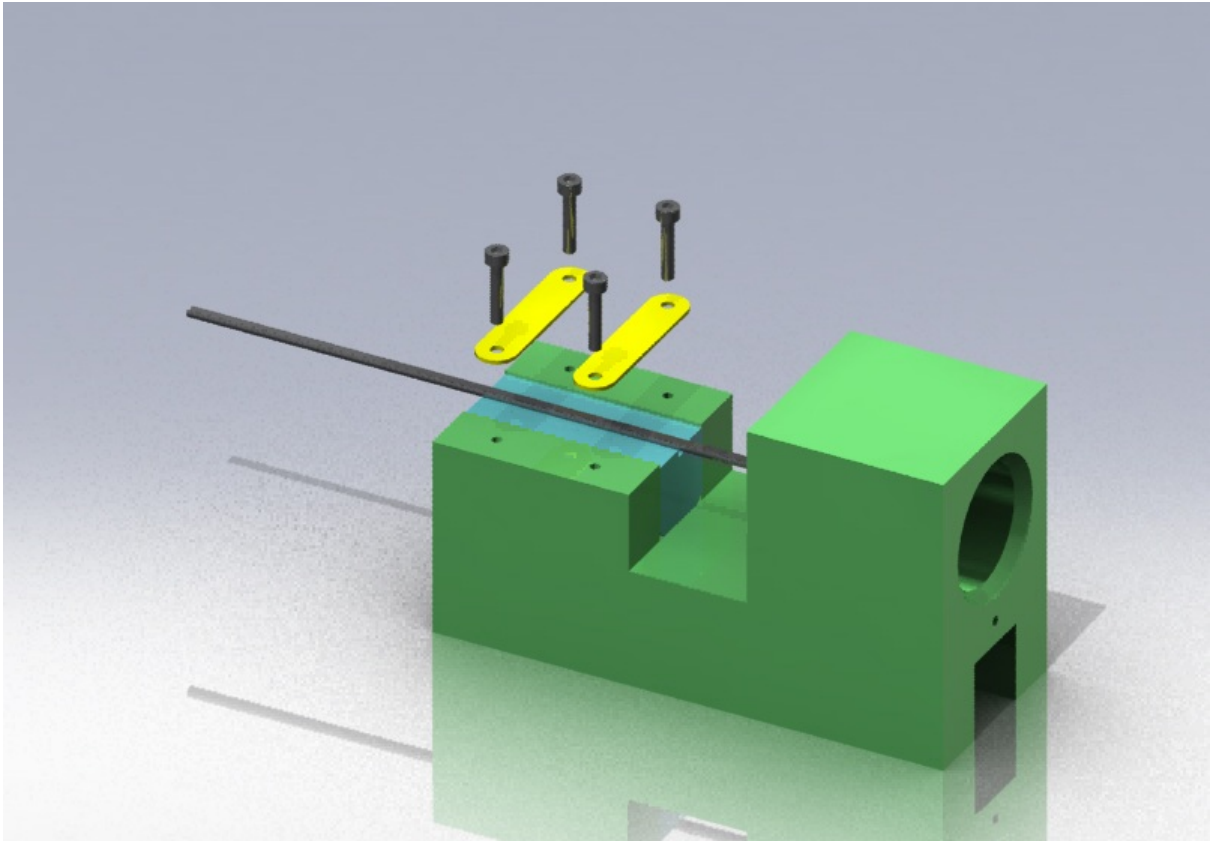
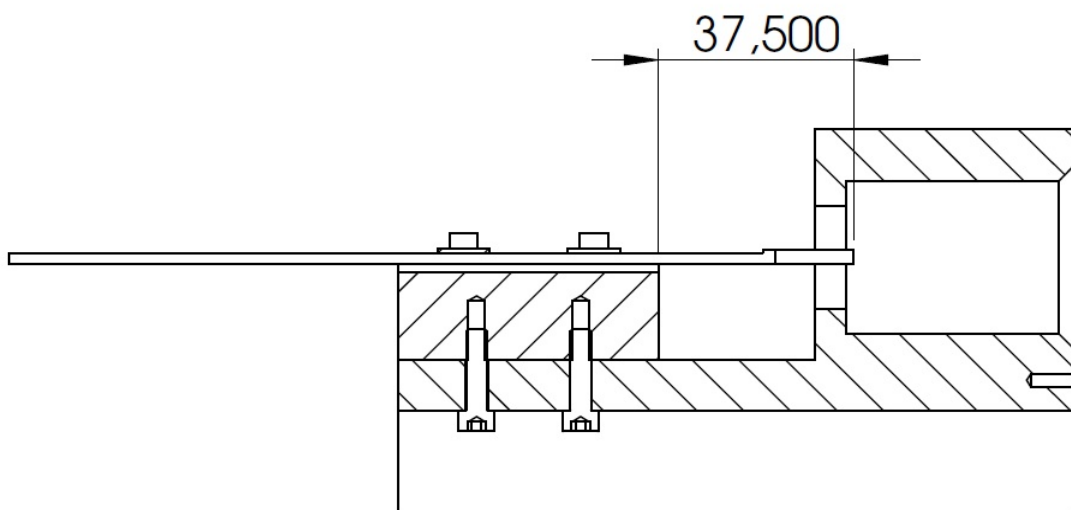


Figura 7.5 Montaje de la pieza "Durchmesserteils"



a



b

Figura 7.6

Montaje de la broca

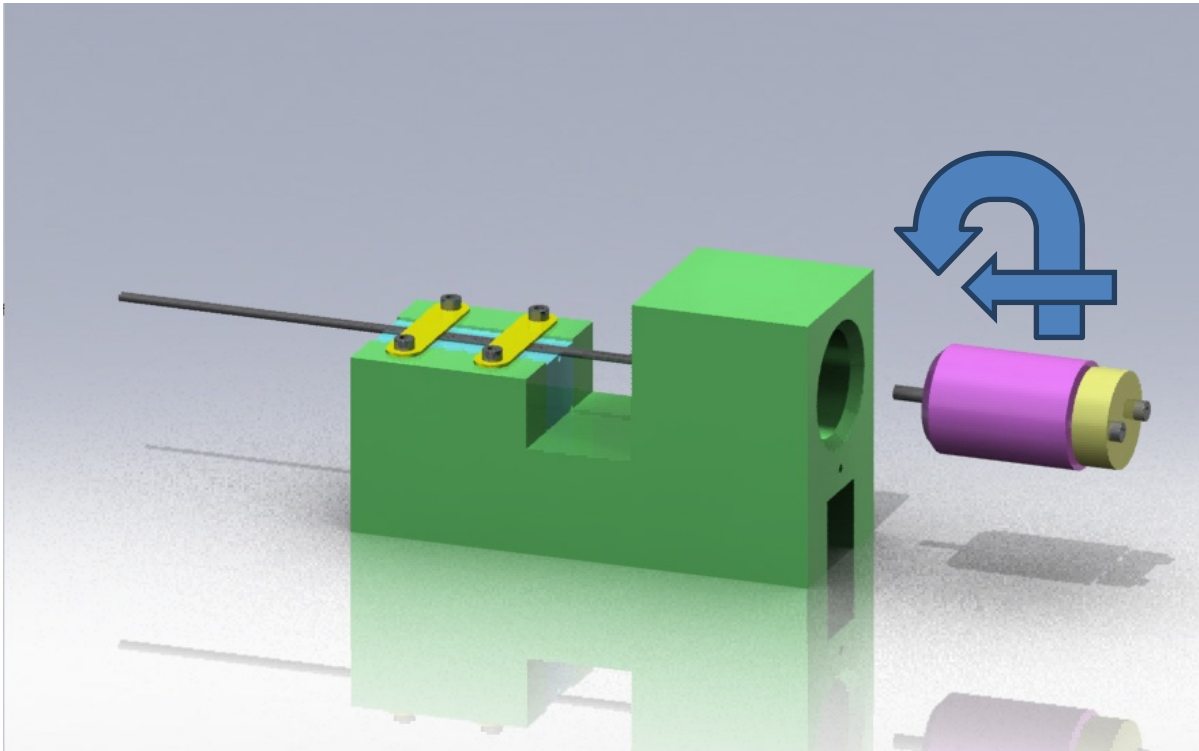


Figura 7.7 Introducción de la fijación del mango en la bancada

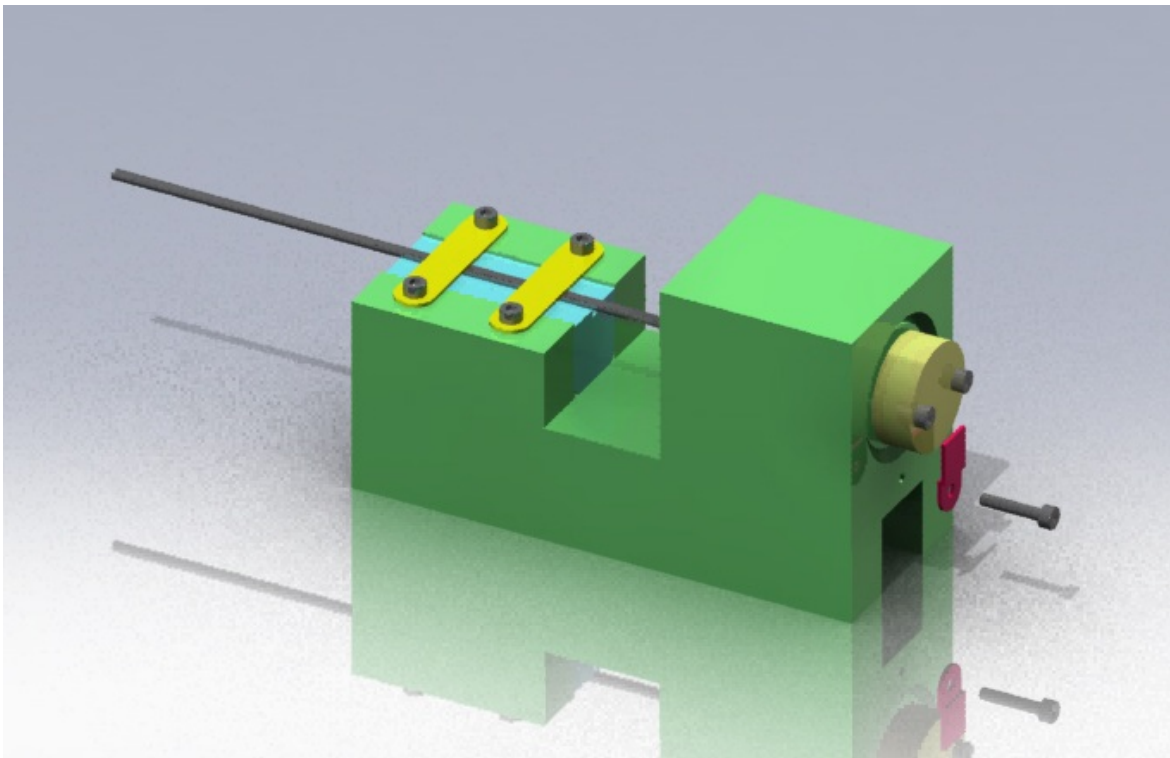


Figura 7.8 Montaje final

8 Fabricación del prototipo

El siguiente paso en el proceso de diseño una vez que tenemos los planos de las piezas es proceder a la fabricación de un prototipo. Punto en el que finalmente todas las ideas que han ido surgiendo en el proceso de diseño se convierten en realidad. A continuación se muestran imágenes de las piezas fabricadas, así como de los conjuntos montados.

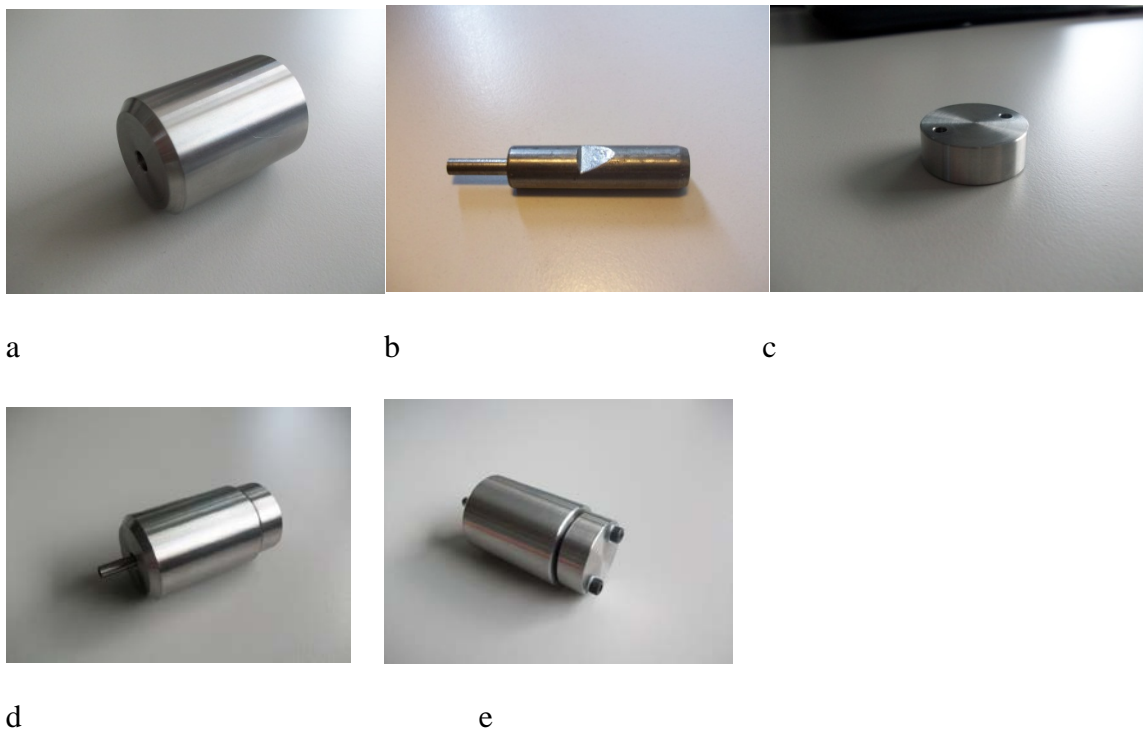


Figura 8.1 a) Anillo del mango b) Mango c) Tapa d) y e) Fijación del mango

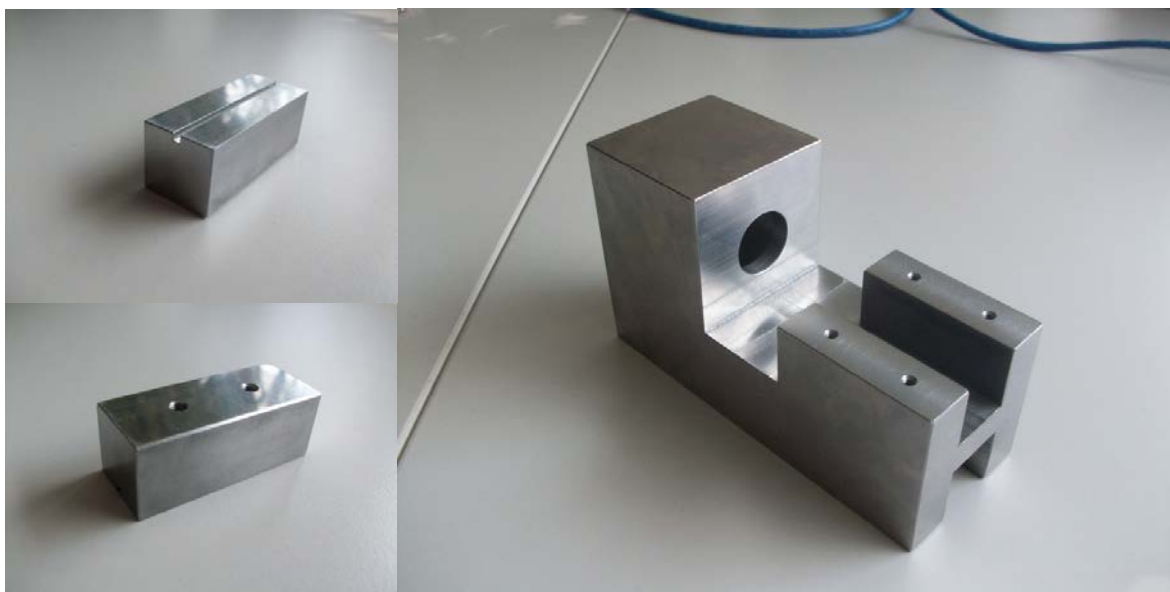
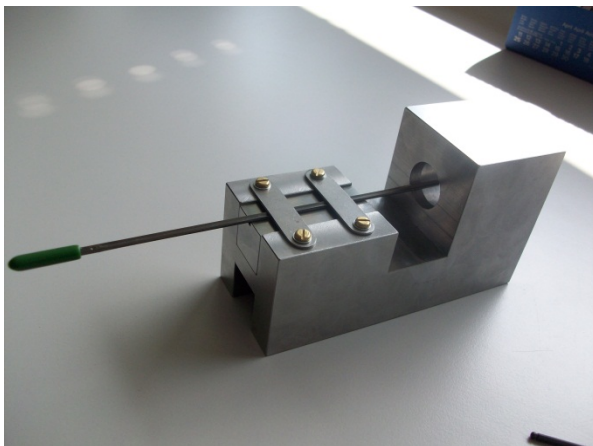
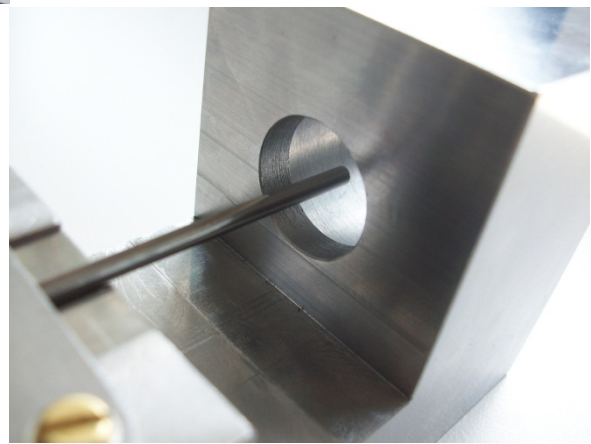


Figura 8.2 „Durchmesserteil“ (i) Bancada (d)



a



b

Figura 8.3

Conjunto con la broca

a) General

b) Detalle

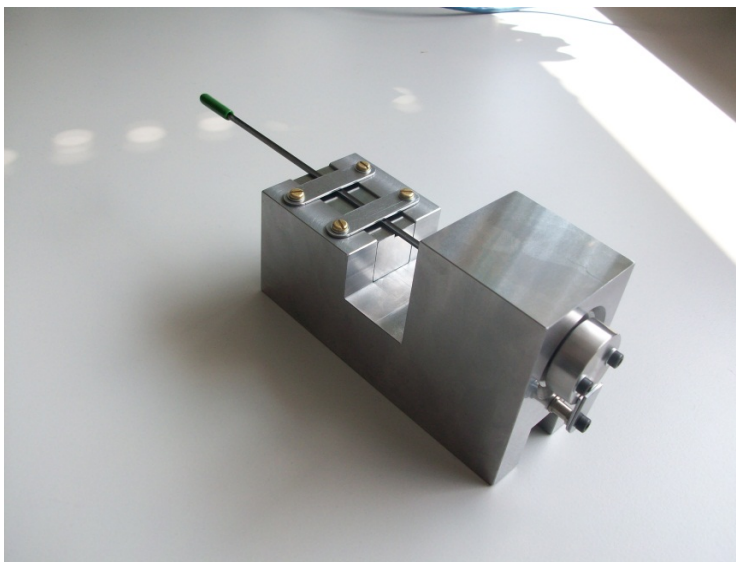


Figura 8.4

Montaje final

Después de la fabricación del prototipo este debe ser probado para verificar el correcto funcionamiento del utillaje, por lo tanto una vez que tanto el mango de la broca como la broca son limpiadas con acetona se procede al montaje del utillaje tal y como se describió en el *capítulo 7.2*. Introduciendo a continuación este conjunto en el interior del horno siguiendo los tiempos y temperaturas marcados por el fabricante del adhesivo, los cuales están descritos en el *capítulo 6.1.2*.



Figura 8.5 Horno



Figura 8.6 Prototipo en el horno

9 Conclusiones

Al comienzo de este proyecto se puso el objetivo de realizar un utillaje que sirviera para realizar la unión de la broca y el mango de un ELB, mediante un adhesivo industrial, sustituyendo con este proceso una soldadura, que es el proceso de unión normalmente utilizado para realizar esta fijación. Además el utillaje debía ser lo suficientemente flexible como para proporcionar la capacidad de fijación de diferentes diámetros de broca, con una pequeña modificación del utillaje. Además debido a las necesidades de curación del adhesivo para su correcta polimerización sería necesario que el utillaje mantuviese las características dimensionales y geométricas a la temperatura de trabajo, o de curación del adhesivo.

Comenzamos por realizar un análisis de la problemática existente en el diseño del utillaje, procediendo a continuación a dividir esta problemática general en problemas más pequeños, y por lo tanto más fácilmente abordables desde el punto de vista del diseño, analizando las ventajas y desventajas de cada una de las soluciones propuestas. Una vez que juntamos toda esta información se procedió a analizar con que combinación de soluciones se respondía se lograba responder mejor al objetivo propuesto inicialmente.

También se realizó la elección del adhesivo en cuanto a criterios como el tiempo y temperatura de curado del adhesivo, datos que serían necesarios más tarde para realizar la simulación térmica. También se realizó la elección del material, atendiendo a criterios técnicos, así como a criterios económicos.

En ese momento pudimos realizar la concepción del prototipo, realizando los modelos de las piezas mediante un programa informático CAD, ese modelo se procedió a realizar la simulación térmica para realizar pequeños cambios que mejoraran la calidad de las piezas fabricadas con el utillaje, y tras realizar otros pequeños cambios referidos a la facilidad de fabricación de las piezas se procedió a realizar un prototipo del utillaje.

Una vez se tuvo el prototipo del utillaje finalizado se pudo realizar una primera prueba de unión del mango y la broca de un ELB mediante un adhesivo industrial, comprobando a continuación el correcto funcionamiento del utillaje.

Por lo tanto y teniendo en cuenta lo anterior expuesto se considera que se han alcanzado todos los objetivos propuestos inicialmente, y que por lo tanto se puede dar por concluido este proyecto.

10 Bibliografía

- /1/ Altintas, Y.; Weck, M.: Chatter stability of metal cutting and grinding. In: CIRP Annals (2004) Heft 2, Seite 619-642
- /2/ Astanin, V. N.: Dynamics of Deep Drilling in Alloy Steel. In: Machines and Tooling 34 (1963), Nr. 11, Seite 27-29
- /3/ Augustesen, H. Ch. Und Moll, H.: Ejektorbohren auf NC-Drehmaschinen. Werkstatt und Betrieb 106 (1973) 11, Seite 841-861
- /4/ Bayly, P.-V.; Metzler, S.-A.; Schaut, A.-J.; Young, K.-A.: Theory of torsional chatter in twist drills: Model, stability analysis and composition to test. Transactions of the ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Band 123 (2001) Heft 4, Seite 552-561
- /5/ Bornträger, H.: Tiefbohren auf Bearbeitungszentren. VDI-Fachtagung Tiefbohren Stuttgart (1991), Seite 57-73
- /6/ Chin, J. H.; Lee, L.W.: A Study on the Tool Eigen properties of BTA Deep Hole Drill-Theory and Experiments. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Band 35 (1995) Heft 1, Seite 29-49
- /7/ Chin, J. H.; Lin, S.-A.: Dynamic Modeling and Analysis of deep-hole Drilling Process. International journal of modeling and simulation, Band 16 (1996) Heft 3, Seite 157-165
- /8/ Cronjäger, L.: Technologie des Tiefbohrens. Werkzeugmaschine international (1974) 5, Seite 11-16
- /9/ Dilley, D.-N.; Bayly, P.-V.; Whitehead, B.-T.; Calvert, S.-G.: An analytical study of the effect of process damping on reamer vibrations. Journal of Sound and Vibration, Band 280 (2005) Heft 3-5, Seite 997-1015
- /10/ Ehmann, C.; Alizadeh, A.; Nordmann, R.: Schwingungsdämpfung aktiv gelagerter Totoren mit robuster Regelung. SIRM, Schwingungen in rotierenden Maschinen, 6, (2003), Seite 41-50
- /11/ Eichler, R.: Prozeßsicherheit beim Einlippenbohren mit kleinsten Durchmessern. Dissertation, Universität Stuttgart, 1996
- /12/ Elbestawi, M.A.; Ismail, F.; Du, R.; Ullagaddi, B.C.: Modeling Machining Dynamics Including Damping in the Tool-Work piece Interface. Journal of Engineering for Industry, Transactions of the ASME, Band 116, (1994), Seite 435-439

-
- /13/ Enderle, K.D.; Reduzierung des Mittenverlaufs beim Einlippen-Tiefbohren durch Kühlmittelpulsation. Dissertation, Universität Stuttgart, 1994
- /14/ Endres, W.: Wärmespannungen beim Aufheizen dickwandiger Hohlzylinder. Brown-Bovery-Mitteilungen (1958) Seite 21-28
- /15/ Engler, H.: Tiefbohren auf konventionellen Werkzeugmaschinen. VDI-Fachtagung Tiefbohren, Stuttgart (1991), Seite 27-55
- /16/ Fuß, H.: Aspekte zur Beeinflussung der Bohrungsqualität beim BTA-Bohren. Dissertation, Dortmund 1986
- /17/ Greuner, B.: Beitrag zur Frage der Kräfte an Scheide und Führungsleisten an einschneidigen hartmetallbestückten Tiefbohrwerkzeugen. Dissertation, TU Hannover, 1990
- /18/ Griffiths, B.J. u.a.: Tiefbohren als Präzisionsverfahren. Fachtagung „Herstellen von Präzisionsbohrungen“ (1981), Stuttgart, Seite C1-C29
- /19/ Gupta, K.; Ozdoganlar, O.-B.; Kapoor, S.-G.; DeVor, R.-E.: Modeling and prediction of hole profile in drilling, part 1: Modeling drill dynamics in the presence of drill alignment errors. Transactions of the ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Band 125 (2003) Heft 1, Seite 6-13
- /20/ Gupta, K.; Ozdoganlar, O.-B.; Kapoor, S.-G.; DeVorm R.-E.: Modeling and prediction of hole profile in drilling, part 2: Modeling hole profile. Transactions of the ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Band 125 (2003) Heft 1, Seite 14-20
- /21/ Hauger, R.: Untersuchung des Stabilitätsverhaltens von Einlippenbohrwerkzeugen. Dissertation, Universität Stuttgart, 1992
- /22/ Heisel, U.; Enderle, K.: Mittenverlaufbeeinflussen mit Druckpulsationen beim Einlippen-Riefbohren. Maschinenmarkt Würzburg, 97 (1991) 23 Seite 46-51
- /23/ Heisel, U.; Enderle, K.: Stand der Technik beim Tiefbohren. VDI-Fachtagung Tiefbohren Stuttgart (1991), Seite 1-10
- /24/ Heisel, U.: Technologie beim Bohren kleinster Durchmesser, Stuttgart. Universität Stuttgart, 1992
- /25/ Hoffmeister, H.-W.; Glaser J.-D.: In-Prozess-Analyse beim Einlippenbohren von Nickelbasislegierungen. MM – Maschinenmarkt. Das IndustrieMagazin (2008) Heft 26, Seite 78-82

- /26/ Hoffmeister, H.-W.; Glaser J.-D.: Laser-Scanning-Vibrometer misst kritische Größen beim Einlippenbohren. MM – Maschinenmarkt. Das IndustrieMagazin (2008) Heft 22, Seite 54-56,58-59
- /27/ <http://www.tiefbohrlexikon.de>
- /28/ Kals, H. J. J.: Die Dämpfung im Zerspanungsprozess. Fertigung, Band 5, Seite 165-172, 1971
- /29/ Kersting, M.: Entwicklung und Anwendung eines adaptiven Schwingungsdämpfers für das Einlippentiefbohren. Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2009
- /30/ Koster, A.: Die Tiefbohrverfahren – interessant für einen immer größeren Anwendungsbereich. dima 9, Heft 49, 1987, Seite 49-54
- /31/ Kress, D.: Reiben mit hohen Schnittgeschwindigkeiten. Fachbuchreihe Werkzeugmaschine international, Bd. 4, Vogel-Verlag, Würzburg, 1975
- /32/ Kronenberg, F.: Grundzüge der Zerspanungslehre, Band 2, Springer-Verlag Göttingen, Heidelberg 1963
- /33/ Lazoglu, I.; Atabey, F.; Altintas, Y.: Dynamics of boring processes: Part III-time domain modeling. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Band 42 (2002) Heft 14, Seite 1567-1576
- /34/ Lee, D.-Y.; Tarn, Y. S.; Ma, S. C.: Modeling of the Process Damping Force in Chatter Vibration. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Band 35(7), Seite 951-962, 1995
- /35/ Löbbe, H.: Tiefbohren auf Bearbeitungszentren. Dissertation, Universität Dortmund, 2003
- /36/ Michelitsch, T.: Fertigungsgerechtes Optimieren von Temperierbohrungssystemen. In: Begleitband zum Fachgespräch Innovative Prozesse im Werkzeug- und Formenbau, 14./15.3.2007, Dortmund, ISBN 978-3-9808718-2-2, Seite 131-149
- /37/ N. N.: Einlippenbohrer. Produktionformation der Firma botek, Riederich, 2005
- /38/ N. N.: Tiefbohrwerkzeuge, Zubehör, Schleifmaschinen. Firmenschrift der Firma TBT Tiefbohrtechnik GmbH & Co, Dettingen a. d. Ems, 2003
- /39/ N. N.: Acticut – Lathe Active Vibration Control, Active Control AB, 2002, www.active.se.
- /40/ Noaker, P. M.: Gundrills at the cutting edge. Manufacturing Engineering, Band 104, Milwaukee, 1990, Seite 56-59

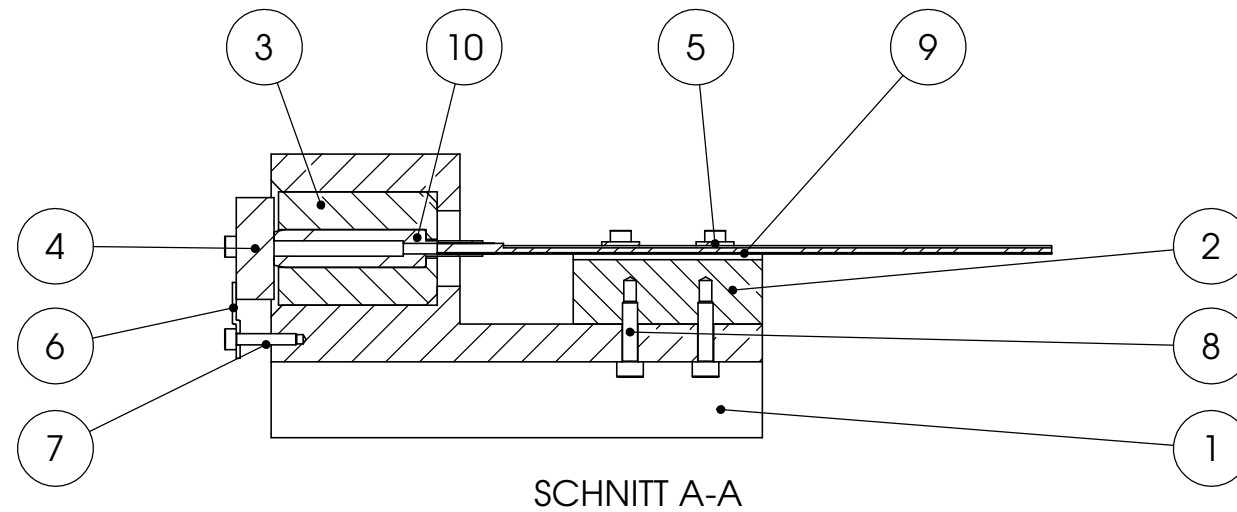
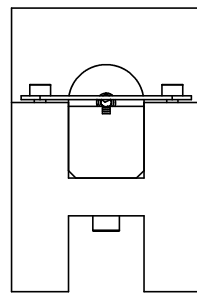
-
- /41/ Pfléghar, F.: Verbesserung der Bohrungsqualität beim Arbeiten mit Einlippen-Tiefbohrwerkzeugen. Technischer Verlag Günter Grossmann GmbH, Stuttgart-Vaihingen, 1976
- /42/ Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.H.: Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung- Methoden und Anwendung. Springer. 5. Auflage. Berlin 2002. Seite 367-378
- /43/ Rincon D.-M.; Galip-Ulsoy, A; Kaftanoglu, B: Effects of drill vibrations on cutting forces and torque, CIRP Annals, Band 43/1 (1994), Seite 59-62
- /44/ Sakuma, S.; Taguchi, G.; Hata, A.: Untersuchung über die Schnittkräfte beim Einlippentiefbohren. In: Bull. Of the Japan Society of Manufacturing Engineering, Band 11 (1968), Nr.3, Seite 37-40
- /45/ Salm, M.; Endres, W.: Anfahren und Laständerung von Dampfturbinen. Brown-Boveri-Mitteilungen (1958), Seite 339-347
- /46/ Steinbeiss, H; So, H.; Michelitsch, T.; Hoffmann, H.: Method for optimizing the cooling desingn of hot stamping tools. Production Engineering. Research and Development (Online), Band 1 (2007) Heft 2, Seite 149-155
- /47/ Streicher, P.: Tiefbohren der Metalle. Vogel-Verlag, Würzburg, 1975
- /48/ Tarng, Y. S.; Young H. T.; Lee, B. Y.: An analytical Model of Chatter Vibration in Metal Cutting. International Journal of Machine Tools Manufacture, Band 34 (2), Seite 183-197, 1994
- /49/ Tlusty, J.: Analysis of the State of Research in Cutting Dynamics. Annals of the CIRP, Band 27(2), Seite 583-589, 1978
- /50/ Tlusty, J.; Heczko, O.: Improving Test of Damping in the Cutting Processes. Seite 372-376. SME, 1980
- /51/ Tuffentsammer, K.: Präzisionsschneidwerkzeuge. Die Herstellung und Bearbeitung zylindrischer Innenflächen. TZ für Metallbearbeitung 75 (1981) 3, Seite 35-42
- /52/ Tuffentsammer, K.: Die Bearbeitung zylindrischer Innenflächen an stillstehenden Werkstücken. TZ für Metallbearbeitung, 70 (1976) 9, Seite 252-260
- /53/ VDI-Richtlinie 3208 – Richtwerte für das Tiefbohren mit Einlippenbohrern, Berlin, Beuth-Verlag, 1996
- /54/ VDI- Richtlinie 3209 – Tiefbohren mit äußerer Zuführung des Kühlschmierstoffes (BTA- und ähnliche Verfahren), Berlin, Beuth-Verlag, 1999
- /55/ VDI- Richtlinie 3210 – Tiefbohrverfahren, Berlin, Beuth-Verlag, 2006

-
- /56/ Webber, O.: Untersuchungen zur bohrtiefenabhängigen Prozessdynamik beim BTA-Tiefbohren, Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2007
- /57/ Wittkop, S.: Einlippentiefbohren nichtrostender Stähle. Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2007
- /58/ Wu, D. W.: A New Approach of Formulating the Transfer Function for Dynamic Cutting Processes. Transaction of the ASME, Journal of Engineering for Industry, Band 111, Seite 37-47, 1989
- /59/ Wu, D. W.; Liu, C. R.: An analytical Model of Cutting Dynamics. Part 1: Model Building. Transactions fo the ASME, Journal of Engineering for industry, Band 107, Seite 107-111, 1985
- /60/ Yand, J.-A.; Jaganathan, V.; Du, R.: A new dynamic model for drilling and reaming processes. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Band 42 (2002) Heft 2, Seite 299-311

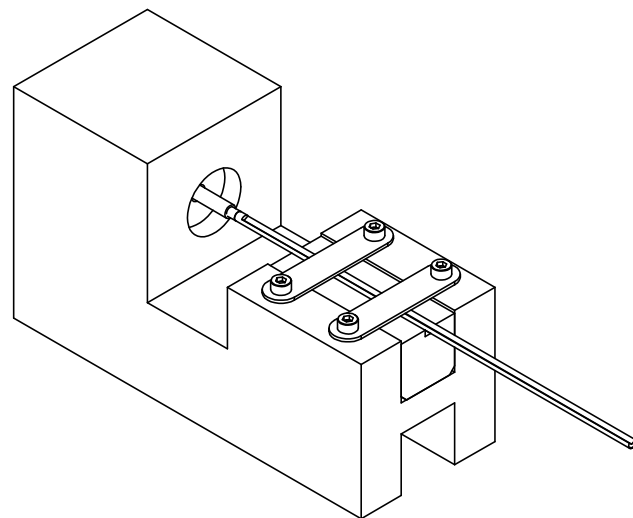
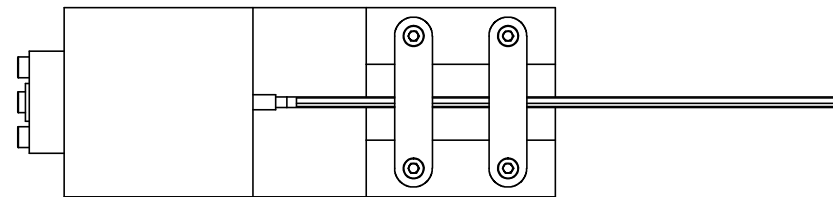
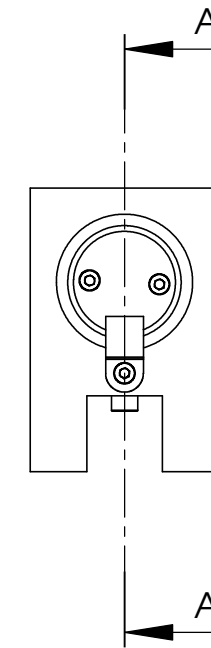
11 Anexos

Pos.	Núm.	Denominación	Observación / Norma utilizada	Material
1	1	Bancada	Fabricación propia	Acero
2	1	Durchmesserteil	Fabricación propia	Acero
3	1	Anillo del mango	Fabricación propia	Acero
4	1	Tapa	Fabricación propia	Acero
5	2	Fijación broca	Fabricación propia	Acero
6	1	Pequeña chapita	Fabricación propia	Acero
7	7	Tornillo	ISO 4762 M3 x 16	Acero
8	2	Tornillo	ISO 4762 M4 x 16	Acero
Alumno: Cano, David Tutor alemania: Jakob, Philipp Tutor España: Herráez, Marta				
			Denominación: Despiece del utillaje	
			Número de plano: 1	Hoja 1/1
			Nr. Matr. Stuttgart: 2711685	


Tabla 11.1 Lista de piezas

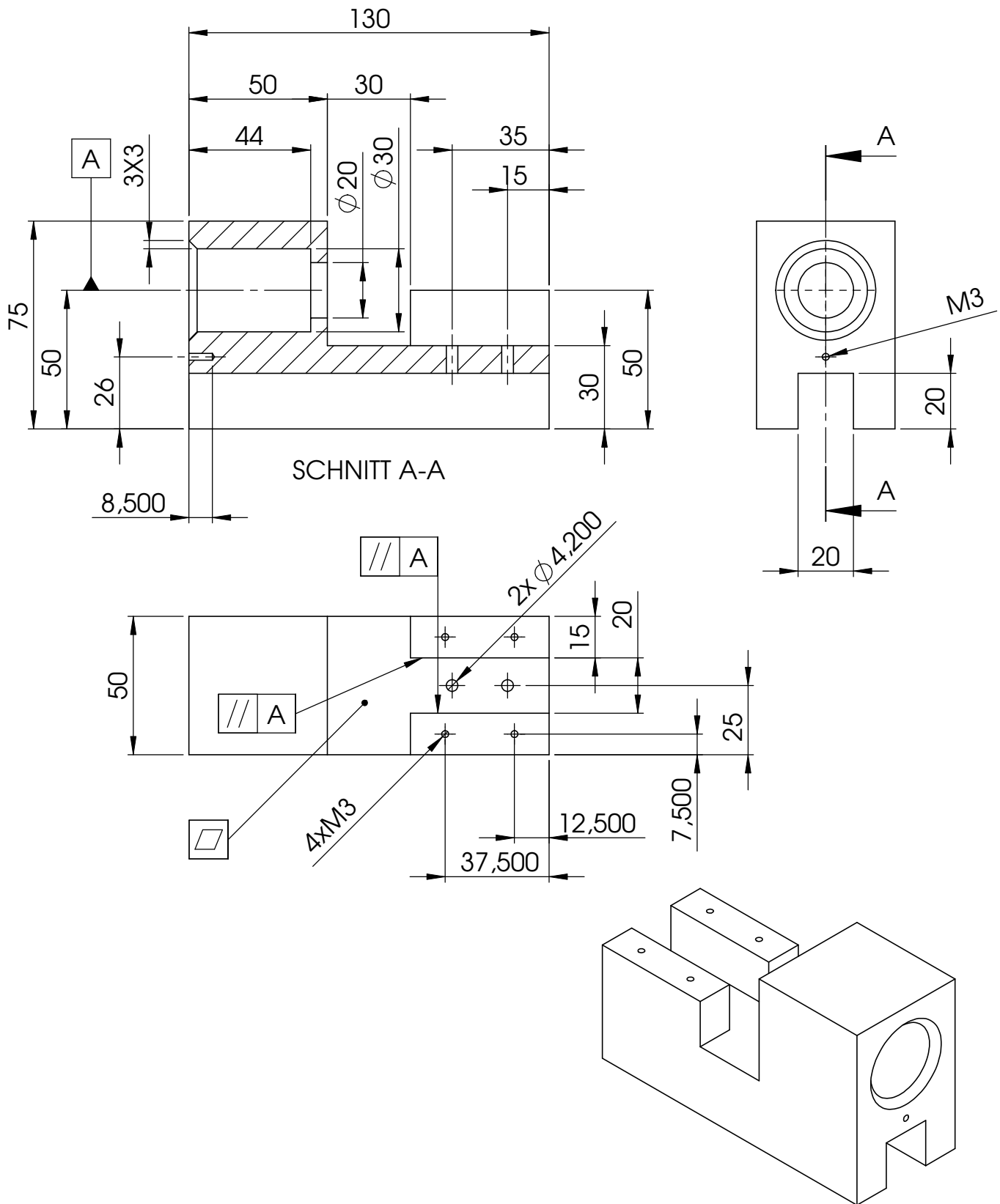



SCHNITT A-A

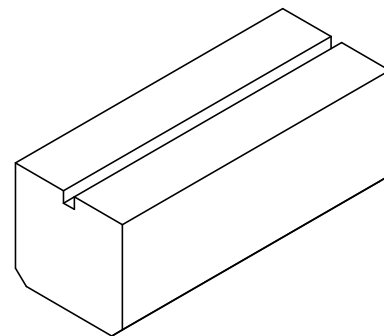
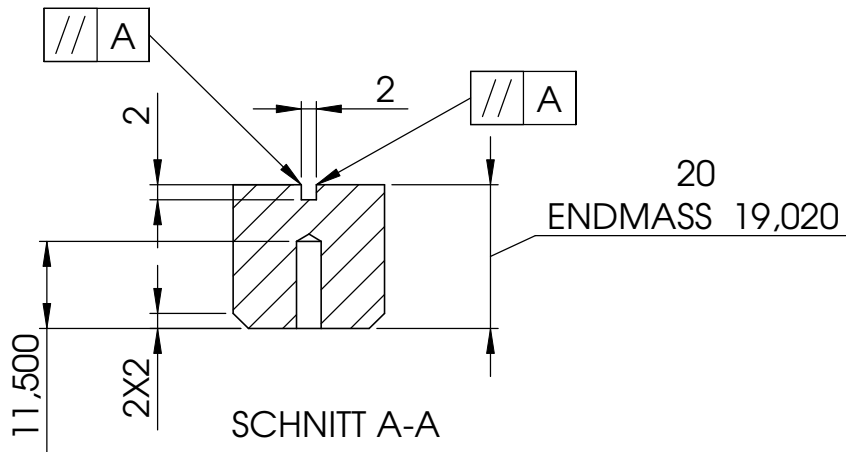
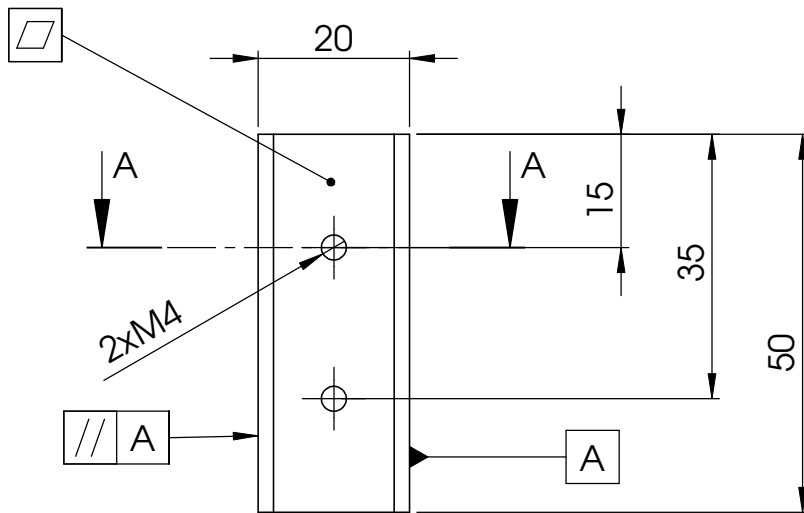



ELEMENT	TEIL	ANZAHL
1	Unterbau	1
2	Durchmesserteil	1
3	Ringhülse	1
4	Deckel	1
5	Fixierung Bohrer	2
6	Fixierung Hülse	1
7	ISO 4762 M3 x 16 -- 16N	7
8	ISO 4762 M4 x 16 -- 16N	2
9	Einlippenbohrer	1
10	Hülse	1

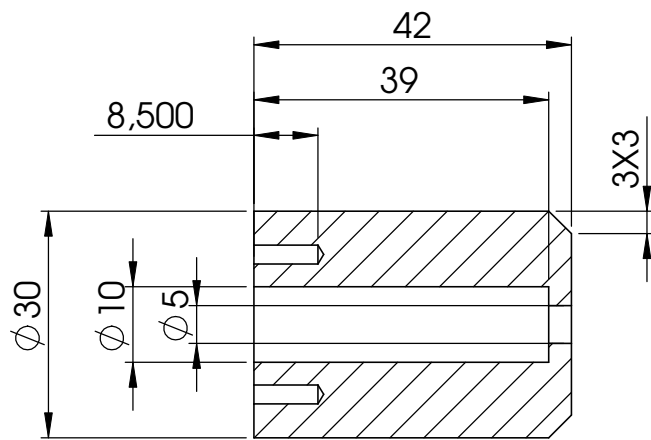
ZEICHNUNGSNUMMER: 2	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL:	SKALE: 1:2	DATUM: 24/05/2012	A3
AUTOR: DAVID CANO		BENNENUNG: GESAMTHEIT	
TITEL: FÜGE APPARAT			



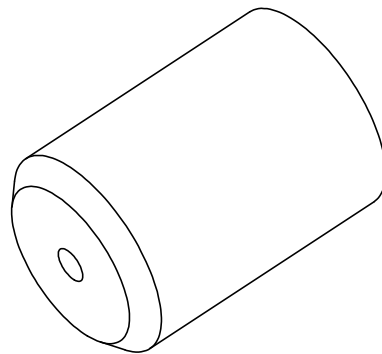
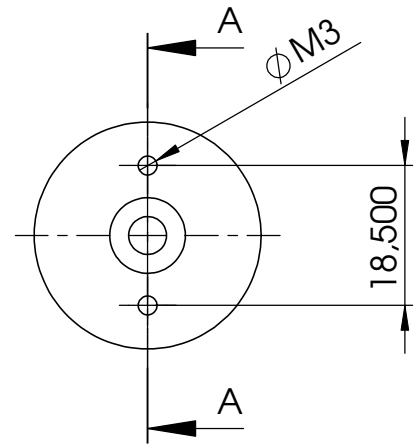
ZEICHNUNGSNUMMER: 3	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 1:2	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: UNTERBAU	
TITEL: FÜGE APPARAT			




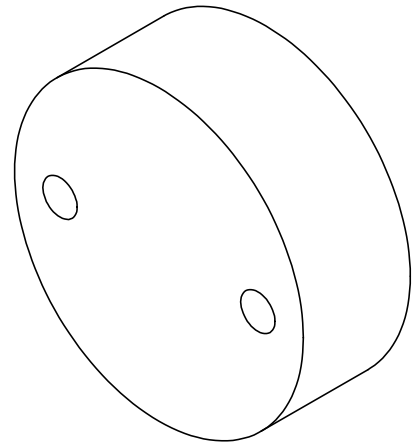
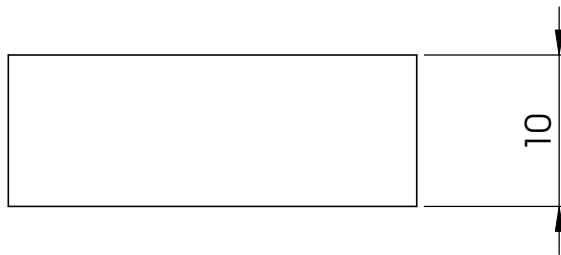
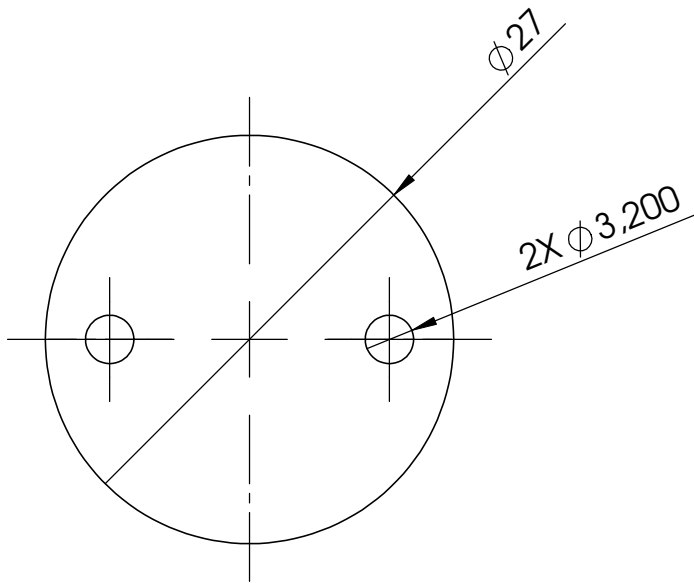
ZEICHNUNGSNUMMER: 4	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 1:1	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: DURCHMESSERTEIL	
TITEL: FÜGE APPARAT			




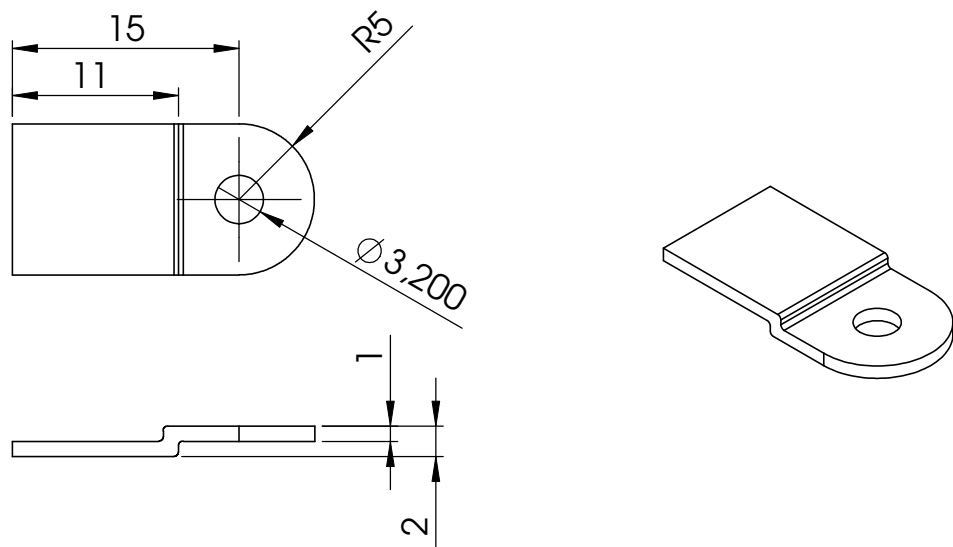
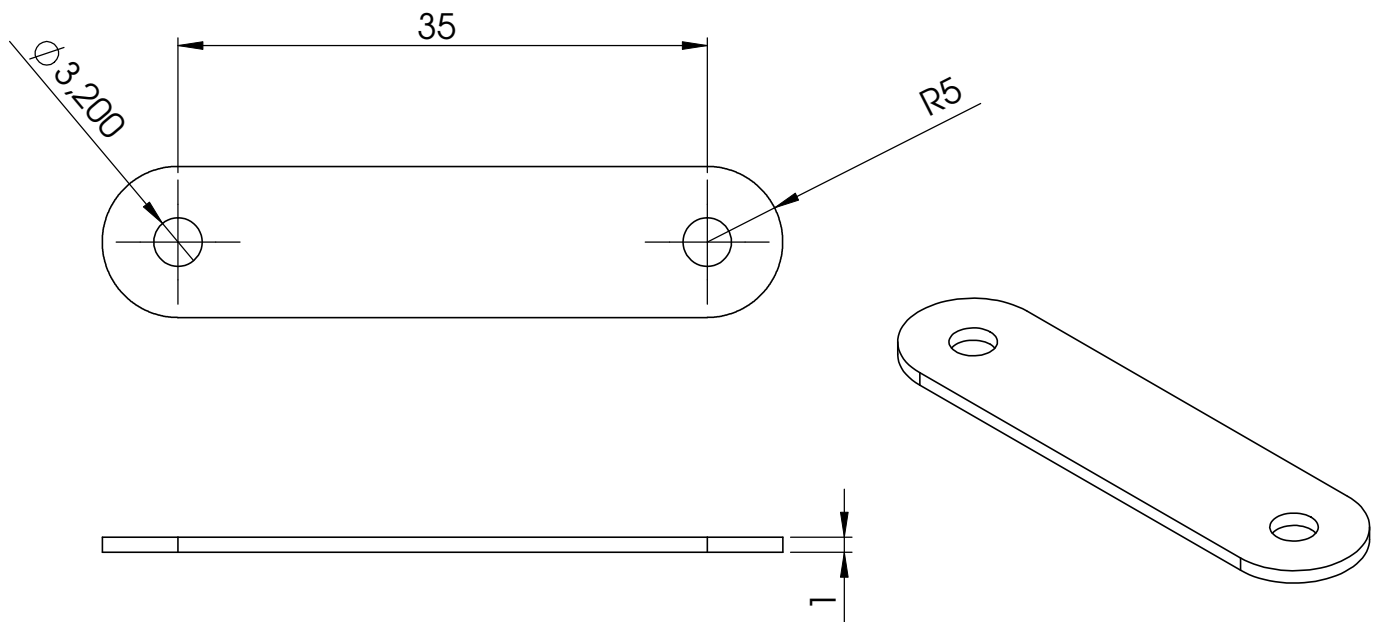
SCHNITT A-A




ZEICHNUNGSNUMMER: 5	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 1:1	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: RING HÜLSE	
TITEL: FÜGE APPARAT			



ZEICHNUNGSNUMMER: 6	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 2:1	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: DECKEL	
TITEL: FÜGE APPARAT			



ZEICHNUNGSNUMMER: 7	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 2:1	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: FIXIERUNG BOHRER UND HÜLSE	
TITEL: FÜGE APPARAT			

DELOMONOPOX® AD286

warmhärtend, Konstruktionsklebstoff

Basis

- Epoxidharz, Konstruktionsklebstoff
- einkomponentig, warmhärtend, gefüllt, thixotrop

Verwendung

- für Verklebungen von allen Metallen, temperaturbeständigen Kunststoffen, Ferrit, Keramik
- besonders für hochfeste, zähnharte Verbindungen mit sehr hoher statischer sowie dynamischer Belastbarkeit, auch bei hohen Temperaturen
- das Produkt wird üblicherweise im Temperaturbereich von -55 °C bis +200 °C eingesetzt; anwendungsbezogen können andere Grenzen sinnvoll sein
- konform zu RoHS Direktive 2002/95/EC

Verarbeitung

- das Produkt ist im Anlieferungszustand gebrauchsfertig, bei Kühlagerung ist darauf zu achten, dass das Gebinde vor dem Einsatz auf Raumtemperatur konditioniert ist
- die Konditionierung der Gebinde erfolgt bei Raumtemperatur (max. 25 °C); die Konditionierungszeit beträgt ca. 3 h für ein Gebindevolumen von 310 ml; ca. 6 h für Gebinde bis 1.000 ml; eine zusätzlich Wärmezufuhr ist nicht zulässig
- zu verklebende Oberflächen sollen trocken, staub- und fettfrei sowie frei von anderen Verunreinigungen sein
- der Klebstoff lässt sich aus dem Originalgebinde oder mit DELO-Dosiergeräten sehr gut verarbeiten
- zur Klebflächenreinigung DELOTHEN-Reiniger verwenden
- durch Sandstrahlen, Schleifen oder Beizen kann eine Verbesserung der Klebstoffhaftung am Werkstück erreicht werden

Aushärtung

- erfolgt bei Temperaturen zwischen +130 und +180 °C am Klebstoff
- zur Aufheizung der Bauteile können auch höhere Temperaturen angewendet werden
- die Aufheizzeit der Bauteile muss zur eigentlichen Aushärtungszeit hinzugezählt werden
- die zur Aushärtung des Klebstoffs geforderte Temperatur muss direkt in der Klebschicht vorliegen
- in Abhängigkeit der eingesetzten Klebstoffmenge entsteht exotherme Reaktionswärme, die ggf. zur Überhitzung führen kann; in diesen Fällen ist die Aushärtungstemperatur entsprechend niedriger anzusetzen
- höhere Temperaturen verkürzen, niedrigere Temperaturen verlängern den Aushärtungsprozess und ändern ggf. die Eigenschaften des ausgehärteten Produkts
- die Aushärtezeiten des Klebstoffes bei den empfohlenen Aushärtetemperaturen können den technischen Daten entnommen werden

Technische Daten

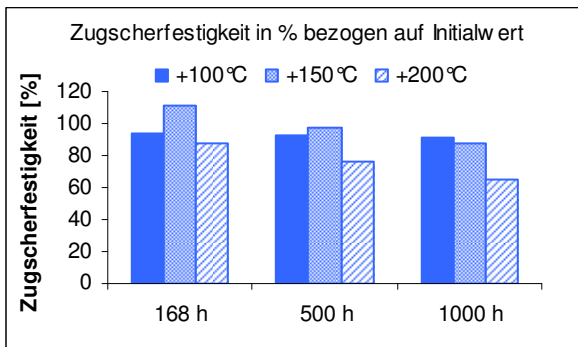
Farbe	silbergrau
Füllstoff	Aluminiumpulver
Dichte [g/cm ³] DELO-Norm 13 bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	1,43
Viskosität [mPas] bei 23 °C, Brookfield Sp/U 7/5	310000
Viskosität [mPas] bei 23 °C, Rheometer, Scherrate 10 1/s	110000
Aushärtungszeit Umluftofen [min] bei +130 °C	75
Aushärtungszeit Umluftofen [min] bei +150 °C	40
Aushärtungszeit Umluftofen [min] bei +180 °C	15
Zugscherfestigkeit Al/Al DELO-Norm 39, sandgestrahlt Fügeteildicke: 6 mm nach 40 min bei +150 °C	57
Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt, Fügeteildicke 1,6 mm, Spalt 0,2 mm, Aushärtung: 40 min bei +150 °C	33
Druckscherfestigkeit Al/Al [MPa] DELO-Norm 5 Aushärtung: 40 min bei +150 °C	52
Zugfestigkeit [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	64
Reißdehnung [%] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	2,8
E-Modul [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	3800
Shore Härte D In Anlehnung an DIN EN ISO 868 nach 40 min bei +150 °C	80
Zersetzungstemperatur [°C] DELO-Norm 36	290
Glasübergangstemperatur [°C] DMTA, 3 Punkt Biegung	130
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, DELO-Norm 26 im Temperaturbereich: +35 °C bis +100 °C	61

Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, DELO-Norm 26 im Temperaturbereich: +120 °C bis +180 °C	187
Schrumpf [Vol. %] DELO-Norm 13	2,5
Wasseraufnahme [Gew. %] in Anlehnung an DIN EN ISO 62 nach 40 min bei +150 °C	0,18
Spezifischer Durchgangswiderstand VDE 0303, Teil 3 Prüfkörper: Durchmesser 120 mm, Schichtdicke 2 mm	>1xE13
Oberflächenwiderstand VDE 0303, Teil 3 Prüfkörper: Durchmesser 50 mm, Schichtdicke 5 mm	1,35xE14
Kriechstromfestigkeit CTI VDE 0303, Teil 3 Prüfkörper: Durchmesser 50 mm, Schichtdicke 5 mm	300 M
Lagerstabilität bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) im ungeöffneten Originalgebinde	4 Wochen
Lagerstabilität bei 0 °C bis +10 °C im ungeöffneten Originalgebinde	6 Monate

Verhalten unter Temperatureinfluss

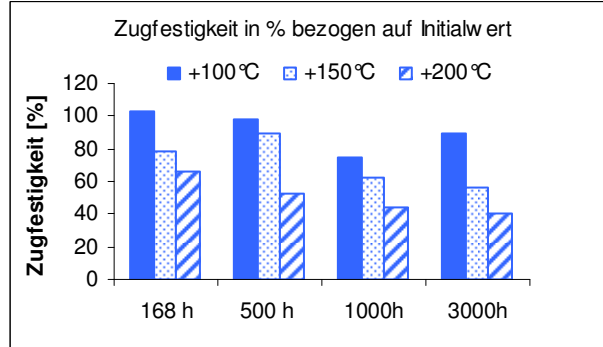
Zugscherfestigkeit Al/Al

nach Temperaturalterung
in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt,
Fügeteildicke 1,6 mm, Spalt 0,2 mm,
Aushärtung: 40 min bei +150 °C
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



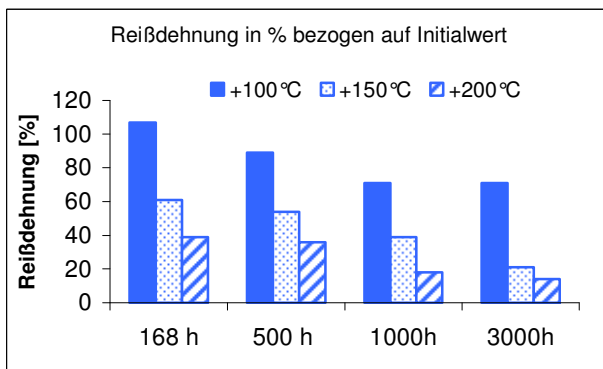
Zugfestigkeit

nach Temperaturalterung
in Anlehnung an DIN EN ISO527
Schichtdicke: 2 mm
Aushärtung: 40 min bei +150 °C
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



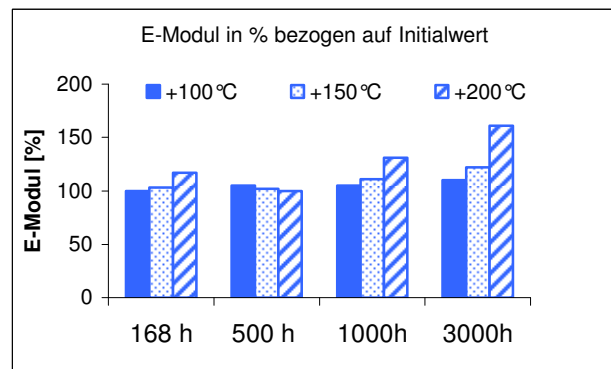
Reißdehnung

nach Temperaturalterung
in Anlehnung an DIN EN ISO527
Schichtdicke: 2 mm
Aushärtung: 40 min bei +150 °C
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



E-Modul

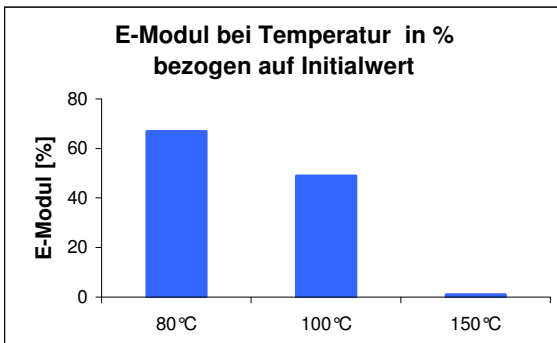
nach Temperaturalterung
in Anlehnung an DIN EN ISO527
Schichtdicke: 2 mm
Aushärtung: 40 min bei +150 °C
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



Verhalten unter Temperatureinfluss

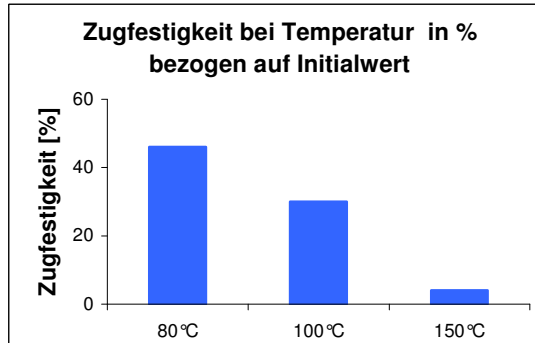
E-Modul

bei Temperatur
nach DIN EN ISO 527
Schulterstäbe 1B, 2mm
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



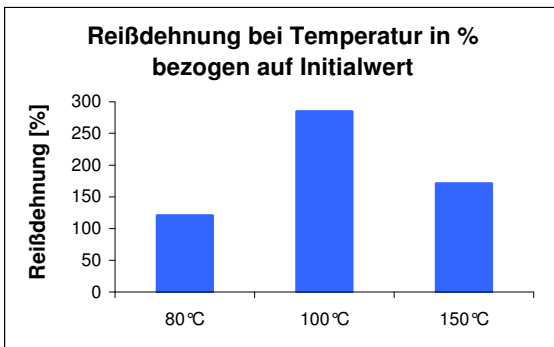
Zugfestigkeit

bei Temperatur
nach DIN EN ISO 527
Schulterstäbe 1B, 2mm
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



Reißdehnung

bei Temperatur
in nach DIN EN ISO 527
Schulterstäbe 1B, 2mm
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



Verhalten unter Medieneinfluss

Medium	Druckscherfestigkeit Al/Al nach 100 h[%]	Druckscherfestigkeit Al/Al nach 500 h[%]	Druckscherfestigkeit Al/Al nach 1000 h[%]
Aceton	100	87	41
Ethanol vergällt	100	90	61
Essigsäure (10%)	90	72	40
Schwefelsäure (10%)	74	34	20
ATF Getriebeöl	85	85	75
Benzin	81	80	72
Diesel	83	82	80
Motorenöl 10W40	96	95	95
demineralisiertes Wasser / Glykol Gemisch 50:50	87	86	80
Bremsflüssigkeit	95	87	86

Hinweise und Ratschläge

Allgemeines

Die angegebenen Daten und Informationen beruhen auf Untersuchungen unter Laborbedingungen. Verlässliche Aussagen über das Verhalten des Produktes unter Praxisbedingungen und dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck können hieraus nicht getroffen werden.

Viele Produkteigenschaften sind temperaturabhängig und können sich insbesondere bei hohen Temperaturen dauerhaft verändern. Die Eignung des Produktes für den vorgesehenen Verwendungszweck und Temperaturbereich ist unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen jeweils vom Anwender selbst zu testen. Die Art und die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften der mit dem Produkt zu verarbeitenden Materialien sowie die während Transport, Lagerung, Verarbeitung und Verwendung konkret auftretenden Einflüsse können Abweichungen des Verhaltens des Produktes im Vergleich zu seinem Verhalten unter Laborbedingungen verursachen. Die angegebenen Daten sind typische Mittelwerte oder einmalig ermittelte Kennwerte, die unter Laborbedingungen gemessen wurden.

Die angegebenen Daten und Informationen stellen deshalb keine Garantie oder Zusicherung bestimmter Produkteigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Verwendungszweck dar. Bei diesem Produkt handelt es sich um ein Versuchsprodukt. Modifikationen sind daher vorbehalten.

Gebrauchsanweisung

Die Gebrauchsanweisung zu DELOMONOPOX finden Sie im Internet unter www.DELO.de. Auf Wunsch senden wir Ihnen die Gebrauchsanweisung auch gerne zu.

Arbeits- und Gesundheitsschutz

siehe Sicherheitsdatenblatt

Spezifikation

siehe QS-Prüfprotokoll

DELOMONOPOX® AD295

warmhärtend, Konstruktionsklebstoff

Basis

- Epoxidharz, Konstruktionsklebstoff
- einkomponentig, warmhärtend, gefüllt

Verwendung

- für Verklebungen von allen Metallen, temperaturbeständigen Kunststoffen, Ferrit, Keramik
- besonders für hochfeste, zähnharte Verbindungen mit sehr hoher statischer sowie dynamischer Belastbarkeit, auch bei hohen Temperaturen
- gutes Fließverhalten
- hervorragende chemische Beständigkeit
- sehr hohe Temperaturfestigkeit
- das Produkt wird üblicherweise im Temperaturbereich von -40 °C bis +200 °C eingesetzt; anwendungsbezogen können andere Grenzen sinnvoll sein
- erfüllt die Anforderungen des Thermo-Vakuum-Ausgasungstests für die Auswahl von Raumfahrtmaterialien nach ECSS Q-70-02
- konform zu RoHS Direktive 2002/95/EC

Verarbeitung

- zur Aufheizung der Bauteile können auch höhere Temperaturen angewendet werden
- die Aufheizzeit der Bauteile muss zur eigentlichen Aushärtungszeit hinzugezählt werden
- die zur Aushärtung des Klebstoffs geforderte Temperatur muss direkt in der Klebschicht vorliegen
- in Abhängigkeit der eingesetzten Klebstoffmenge entsteht exotherme Reaktionswärme, die ggf. zur Überhitzung führen kann; in diesen Fällen ist die Aushärtungstemperatur entsprechend niedriger anzusetzen
- der Klebstoff ist im Anlieferungszustand gebrauchsfertig, bei Kühlung ist darauf zu achten, dass das Gebinde vor dem Einsatz auf Raumtemperatur konditioniert ist
- die Konditionierung der Gebinde erfolgt bei Raumtemperatur (max. +25 °C); die Konditionierungszeit beträgt ca. 1 h für Gebinde bis 50 ml und ca. 2 h für Gebinde bis 310 ml; eine zusätzliche Wärmezufuhr ist nicht zulässig
- der Klebstoff lässt sich aus dem Originalgebilde oder mit DELO-Dosiergeräten sehr gut verarbeiten
- zu verklebende Oberflächen sollen trocken, staub- und fettfrei sowie frei von anderen Verunreinigungen sein
- zur Klebflächenreinigung DELOTHEN-Reiniger verwenden
- durch Sandstrahlen, Schleifen oder Beizen kann eine Verbesserung der Klebstoffhaftung am Werkstück erreicht werden

Aushärtung

- erfolgt bei Temperaturen zwischen +130 und +180 °C
- höhere Temperaturen verkürzen, niedrigere Temperaturen verlängern den Aushärtungsprozess und ändern ggf. die Eigenschaften des ausgehärteten Produkts

Technische Daten

Farbe	hell-beige
Füllstoff	Mineralien
Dichte [g/cm ³] DELO-Norm 13 bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	1,6
Viskosität [mPas] bei 23 °C, Brookfield Sp/U 7/5	230000
Verarbeitungszeit bei Raumtemperatur (max. 25 °C)	4 Wochen
Verarbeitungszeit bei +36°C	4 Tage
Aushärtungszeit bis zur Endfestigkeit [min] bei +150 °C im Umluftofen	40
Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa] DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm nach 40 min bei +150 °C	30
Rollenschälwiderstand St/St [N/mm] DELO-Norm 38, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,5 mm	10
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +100 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	26
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +150 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	9
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +200 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	3
Zugfestigkeit [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	50
Reißdehnung [%] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	1,4
E-Modul [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	5500
Shore Härte D In Anlehnung an DIN EN ISO 868 nach 40 min bei +150 °C	84
Zersetzungstemperatur [°C] DELO-Norm 36	300

Glasübergangstemperatur [°C] Rheometer	134
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, im Temperaturbereich: +30 bis +90 °C	42
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, im Temperaturbereich: +130 bis +180 °C	147
Schrumpf [Vol. %] DELO-Norm 13	2,5
Wasseraufnahme [Gew. %] in Anlehnung an DIN EN ISO 62 nach 40 min bei +150 °C	0,12
Spezifischer Durchgangswiderstand [Ω cm] VDE 0303, Teil 3	>1xE13
Oberflächenwiderstand [Ω] VDE 0303, Teil 3	>1xE13
Durchschlagfestigkeit [kV/mm] DIN IEC 60243-1 bei 50 Hz	20
Lagerstabilität bei Raumtemperatur (max. 25 °C) im ungeöffneten Originalgebände	4 Wochen
Lagerstabilität bei 0 °C bis +8 °C im ungeöffneten Originalgebände	6 Monate

Hinweise und Ratschläge

Allgemeines

Die angegebenen Daten und Informationen beruhen auf Untersuchungen unter Laborbedingungen. Verlässliche Aussagen über das Verhalten des Produktes unter Praxisbedingungen und dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck können hieraus nicht getroffen werden.

Viele Produkteigenschaften sind temperaturabhängig und können sich insbesondere bei hohen Temperaturen dauerhaft verändern.

Die Eignung des Produktes für den vorgesehenen Verwendungszweck und Temperaturbereich ist unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen jeweils vom Anwender selbst zu testen. Die Art und die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften der mit dem Produkt zu verarbeitenden Materialien sowie die während Transport, Lagerung, Verarbeitung und Verwendung konkret auftretenden Einflüsse können Abweichungen des Verhaltens des Produktes im Vergleich zu seinem Verhalten unter Laborbedingungen verursachen. Die angegebenen Daten sind typische Mittelwerte oder einmalig ermittelte Kennwerte, die unter Laborbedingungen gemessen wurden.

Die angegebenen Daten und Informationen stellen deshalb keine Garantie oder Zusicherung bestimmter Produkteigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Verwendungszweck dar.

Gebrauchsanweisung

Die Gebrauchsanweisung zu DELOMONOPOX finden Sie im Internet unter www.DELO.de. Auf Wunsch senden wir Ihnen die Gebrauchsanweisung auch gerne zu.

Arbeits- und Gesundheitsschutz

siehe Sicherheitsdatenblatt

Spezifikation

siehe QS-Prüfprotokoll

Institut für Werkzeugmaschinen
Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr. h.c. mult. Uwe Heisel



Masterarbeit

Hauptfach Werkzeugmaschinen

cand. mach. David Cano

Matr.-Nr. 2711685

Konstruktion eines Füge Apparats

Construction of a joining machine

Betreuer: Dipl.-Ing. Philipp Jakob

Mai 2012

UNIVERSITÄT STUTTGART



Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und alle wörtlich oder sinngemäß aus anderen Werken übernommenen Aussagen als solche gekennzeichnet habe.

Ich erkläre, dass die eingereichte Arbeit weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens gewesen ist und weder vollständig noch in Teilen bereits veröffentlicht wurde.

Ich erkläre, dass das elektronische Exemplar mit den anderen Exemplaren übereinstimmt.

Datum:24/05/2012

Name und Unterschrift des Bearbeiters

David Cano

Konstruktion eines Füge Apparat

Kurzreferat:

Immer beachtet ist die Entwicklung in der industriellen Fertigung von Werkzeugen. Bedingt durch diese legen wir die Benutzung von Klebstoff als Fixierungssystem dar. Wir entwerfen einen Apparat für die Fixierung durch einen industriellen Klebstoff, der die Hülse und den Bohrer von einem Einlippentiefbohrer verbinden soll. Dieser Apparat soll auf unterschiedliche Durchmesser des Werkzeuges ausgelegt sein.

Wir wählen einen industriellen Klebstoff, weil die Schwingen von dem Einlippentiefbohrerkopf kleiner werden sind, und demnach die Qualität von der Fertigung der Teile höher ist.

Schlüsselwörter: Fügen, Einlippentiefbohrer, Klebstoff, Konstruktion.

Construction of a joining machine

Abstract:

The industry of manufacturing is always developing new forms to manufacture the tools, so we develop one machine to join the tool with their support of an “Einlippentiefbohrer”, to join with an industrial adhesive.

The choice of an industrial adhesive is to reduce the vibrations in the head of the tool and to achieve a higher quality.

Keywords: Joining, CAD, adhesive.

Vorwort

Die vorliegende Masterarbeit entstand am Institut für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel im Rahmen eines Projekts zur Untersuchung der Prozessdynamik beim Tiefbohren.

Verantwortlich für die Durchführung der Arbeit ist Herr Dipl.-Ing. Philipp Jakob. Ihm gilt auch mein besonderer Dank, denn auf seine Unterstützung und sein Vertrauen konnte ich mich während der ganzen Zeit meiner Masterarbeit verlassen.

Weiterhin möchte ich mich bei allen beteiligten Firmen bedanken. Besonderer Dank gebührt hierbei der DELO Industrie Klebstoffe GmbH & Co KGaA sowie der Brecht GmbH. Sie haben mich tatkräftig bei meiner Arbeit unterstützt.

Inhaltsverzeichnis

0	Formelzeichen und Abkürzungen	III
1	Einleitung	1
2	Problem- und Aufgabenstellung	2
2.1	Problemstellung	2
2.2	Ziel der Arbeit	2
2.3	Lösungsweg	2
3	Stand der Technik	4
3.1	Einlippentiefbohren	4
3.1.1	Aufbau des Einlippentiefbohrens	7
3.2	Schwingungsproblematik beim Tiefbohren	8
3.3	Ausdehnungsgerechtes Konstruieren	11
3.3.1	Erscheinung der Ausdehnung	11
3.3.2	Ausdehnung von Bauteilen	11
3.3.3	Relativausdehnung zwischen Bauteilen	12
3.3.3.1	Stationäre Relativausdehnung	13
3.3.3.2	Instationäre Relativausdehnung	13
4	Konzept	15
4.1	Einleitung	15
4.2	Aufteilen der Aufgabenstellung in Teilprobleme	15
4.2.1	Fixierung der Hülse	15
4.2.2	Fixierung des Bohrers	19
4.2.3	Realisierung der Füge-Bewegung	25
4.2.4	Klebstoff-Stopper	26
4.2.5	Einsetzbarkeit des Apparats für verschiedene Bohrerdurchmesser	28

4.3	Auswahl der Teillösungen	30
5	Konstruktion	32
5.1	Thermische Simulation	33
5.2	Konstruktive Ausarbeitung des Füge-Apparats	36
6	Auswahl des Klebstoffs und des Materials	38
6.1	Auswahl des Klebstoffs	38
6.1.1	Berechnung der erforderlichen Klebstoffdicke	38
6.1.2	Klebstoffauswahl	39
6.2	Materialwahl	40
7	Fertigung und Montage des Füge-Apparats	41
7.1	Vorbereitung	41
7.2	Montage	43
8	Herstellung des Prototyps	47
9	Zusammenfassung	50
10	Literatur	51
11	Anhang	A

0 Formelzeichen und Abkürzungen

Formelzeichen

Kurzzeiche	Einheit	Benennung
n		
<i>l</i>	mm	Länge
<i>V</i>	ml	Volumen
<i>m</i>	kg	Masse
<i>p</i>	bar	Druck
<i>t</i>	s	Zeit
<i>θ</i>	° C	Temperatur
<i>ν</i>	mPas	Viskosität
<i>E</i>	MPa	Elastizitätsmodul
<i>β</i>		Längenausdehnungszahl
<i>ρ</i>	g/cm ³	Dichte

Abkürzungen

Kurzzeichen	Benennung
HM	Hartmetall
ELB	Einlippentiefbohrer
FEM	Finite Elemente Methode
BTA	Boring and Trepanning Association
DMS	Dehnungsmessstreifen
CAD	Rechnerunterstütztes Zeichnen
DIN	Deutsches Institut für Normung
ISO	International Organization for Standardization
KSS	Kühlschmierstoff

1 Einleitung

In der Fertigungstechnik ist die Verbesserung von Prozessen ein ständiges Ziel. Dies umfasst alle Produktionsbereiche, denn der Wettbewerbsdruck gewinnt durch die Globalisierung zunehmend an Bedeutung. Daher erlangen besonders die ökonomischen Aspekte der Produktion eine immer größere Bedeutung.

Augenblicklich ist eine komplizierte Löttechnik für die Fügung von Bohrerschaft und Einspannhülse bei der Herstellung von Einlippentiefbohrern Stand der Technik. Eine Lösung für die Verbesserung in der Produktion von dieser Art von Werkzeugen ist die Benutzung von Klebstoff zur Fixierung der Teile des Einlippentiefbohrers, wobei im Rahmen dieser Arbeit die Schnittstelle zwischen Bohrerschaft und Einspannhülse im Fokus steht.

Zum anderen besteht die Hoffnung, dass diese Art des Fügens mittels geeigneter Klebstoffe im Prozess auftretende Schwingung des Werkzeugs und somit der Bohrerspitze dämpfen können. Somit soll durch die Verwendung geklebter Einlippentiefbohren eine Steigerung der Prozesssicherheit und Bohrungsqualität erreicht werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Füge-Apparats zur zentrischen Fixierung des Bohrerschafts in der Hülse des Einlippentiefbohrers durch Klebstoff.

2 Problem- und Aufgabenstellung

2.1 Problemstellung

Wir entwerfen einen Füge-Apparat für das Zusammenfügen von Hülse und Bohrer eines Einlippentiefbohrers. Dieser Apparat soll eine gute Ausrichtung und Aufstellung zwischen der Hülse und dem Bohrer ermöglichen. Innerhalb des Bohrers muss das Kühlmittel fließen. Somit soll der Apparat das Eindringen von Klebstoff in den Kühlkanal verhindern. Der Apparat muss im Ofen arbeiten, um den Klebstoff auszuhärten. Deshalb soll der Apparat auf die Arbeitstemperatur dimensioniert sein. Das System muss außerdem gelenkig sein, das Zusammenfügen von verschiedenen Durchmessern von Einlippentiefbohrern ermöglichen.

2.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die Konstruktion und Fertigung eines Füge-Apparat für Fixierung der Hülse und des Bohrer von einem Einlippentiefbohrer.

2.3 Lösungsweg

Um dieses Ziel zu erreichen, beginnen wir die Analyse des Problems und lösen das Problem in Teilprobleme auf, um dann die Teillösungen zu einer globalen Lösung zu verbinden. Sobald wir eine globale Lösung haben, werden wir die CAD (Rechnerunterstütztes Zeichnen)-Modelle erstellen. Mit den CAD-Modellen simulieren wir die Temperaturarbeit, also die Verformungen in diesem Apparat, mit einer *Finite Element Methode* (FEM)-Software.

Wir müssen überprüfen, ob die Resultate der FEM-Analyse nicht gut sind, um gegebenenfalls eine neue Lösung zu finden. Mit der neuen Lösung werden wir die neuen CAD-Modelle erstellen. Mit diesen CAD-Modellen simulieren wir erneut den Apparat mit einer FEM-Software. Wir wiederholen diesen Prozess bis die Resultate von der FEM-Analyse gut sind.

Wenn wir die endgültige CAD-Modelle haben, können wir die Fertigungszeichnungen und die Fertigungsplanung erstellen. Danach werden wir den Prototyp erstellen können.

Der Lösungsweg ist zusammengefasst in der Abbildung 2.1

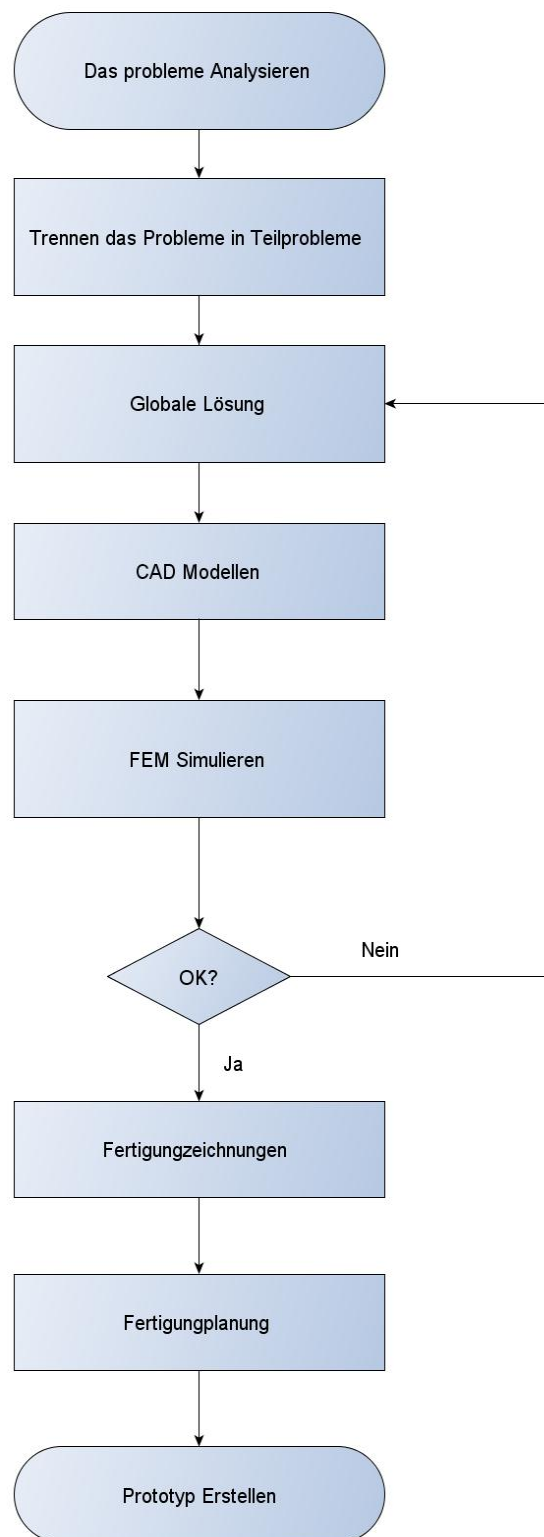


Abbildung 2.1

Lösungsweg

3 Stand der Technik

3.1 Einlippentiefbohren

Bei der industriellen Fertigung von tiefen Bohrungen kommen vorrangig diese drei Tiefbohrverfahren zum Einsatz /8, 55/:

- Einlippenbohren (ELB)
- BTA-Tiefbohren (Boring and Trepanning Association)
- Ejektor-Bohren

Von Tiefbohren spricht man ab einer Lochtiefe gleich oder größer dem 5- bis 10-fachen des Bohrungsdurchmessers /32/. Diese Bearbeitungsverfahren ermöglichen die Herstellung von Bohrungen in Metallen und anderen Werkstoffen mit einem Längen/Durchmesserverhältnis von bis zu 250 /51, 52/. Während das BTA und das Ejektor-Bohrverfahren fast ausschließlich auf Spezialmaschinen /3/ angewendet werden können, bietet das Eintippen-Verfahren auch die Möglichkeit auf konventionellen Maschinen, wie z.B. Bearbeitungszentren oder Drehmaschinen /5, 15/, eingesetzt zu werden. Unter der Voraussetzung hoher Kühlmitteldrücke an den Maschinen (>50 bar) wird dieses Verfahren zu einer universell einsetzbaren Alternative, ohne zusätzlich wesentlich höhere Kosten zu verursachen. Aufgrund der hohen erzielbaren Oberflächengüte und Formgenauigkeit /18, 31/ lassen sich weitere Arbeitsgänge oftmals einsparen. Ein weiterer Vorteil sind die hohen Schnitt und Vorschubgeschwindigkeiten, die hohe Zerspanraten ermöglichen. Die wirtschaftlichen Vorteile des Einlippen-Tiefbohrverfahrens führen zu immer häufigerem Einsatz auch bei relativ kurzen Bohrungen, d.h. $l/d < 5$. In diesem Zusammenhang spricht Tuffentsammer auch von Präzision bohren /51/.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Sehr hohe Zerspanungsleistungen durch den Einsatz von Hartmetall als Schneidwerkstoff • Hohe Bohrungsqualität hinsichtlich Durchmesser- toleranz, Oberflächengüte und geometrischer Formgenauigkeit • Ersetzen mehrerer Arbeitsvorgänge durch einen Arbeitsvorgang Tiefbohren • Bearbeiten schwer zerspanbarer Werkstoffe möglich • Große Bohrtiefe bis zum 250-fachen des Bohrungsdurchmessers möglich • Geringe Gratbildung beim Aus- und Überbohren 	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Vorschübe als bei Wendel-Bohrern • Hohe KSS-Drücke erforderlich • Geringe Knickstabilität der Werkzeuge • Lünetten und Spänen schleuse erfordern zusätzliche Werkzeuglängen

Tabelle 3.1 Vorteile und Nachteile des Einlippentiefbohrens /29/

Aufgrund der genannten Vorteile bezüglich der herstellbaren Qualitäten findet das Verfahren teilweise auch bei der Erzeugung von Bohrungen Verwendung, die ein Längen-Durchmesser-Verhältnis von < 3 aufweisen /11, 21, 35/, das Einlippentiefbohren wird in vielen Bereichen Kurbelwellen und Getriebewellen. In kleinsten Durchmesserbereichen werden Einspritzsysteme tiefbohrend bearbeitet, wohingegen größere Abmessungen in der Offshore Technik für Ölbohrgeräte und Ähnliches vorzufinden sind. Bei der Herstellung von Gesenken und Formen dient das ELB-Verfahren zur Gestaltung von Bohrungen, welche die Versorgung mit Kühlmedium zur Temperierung sicherstellen. Signifikant für das Verfahren ist die Kühlschmierstoffzufuhr, sie erfolgt hierbei intern durch den hohl ausgeführten Bohrer Schaft. Der Kühlschmierstoff (KSS) tritt an Öffnungen im Bohrkopf nah an der Wirkstelle aus, um dann die Späne durch eine V-förmige Nut im Werkzeug aus der Bohrung und schließlich über die Späne schleuse, in der sich Dichtscheibe und Dichtgehäuse befinden, abzuführen /17, 31, 36, 40, 46, 53, 55, 57/.

Das Werkzeug besitzt am Umfang zwei Führungsleisten oder eine durchgehende Führungsfläche, die dazu dienen. Die verschiedenen Führungsleistenanordnungen sind unter dem Begriff Umfangsform definiert /54/.

Als Schneidstoffe werden zumeist Hartmetalle der International Organization for Standardization (ISO)-Zerspanungsanwendungsgruppe K10 bzw. K20 eingesetzt, die auch beschichtet sein können. In Sonderfällen finden PDK, Cermets, Keramik, CBN oder Schnellarbeitsstähle ihren Einsatz. Die Wahl der geeigneten Schneiden Geometrie hängt vor allem vom Werkstoff, der Spanbildung und der geforderten Bohrungsqualität ab. Standardschliffe können entsprechenden Tabellen entnommen werden /37 – 39, 42/.

Die Einspannhülse dient zur Aufnahme des Werkzeuges im Werkzeughalter, um sowohl die Vorschubkräfte als auch die Momente prozesssicher übertragen zu können. Des Weiteren dient die Einspannhülse zur Einleitung des KSS in das Werkzeug. Durch eine Vereinheitlichung des Spanndurchmessers bei den entsprechenden Bohren Durchmessern ist ein universaler Einsatz der Werkzeuge gewährleistet /54/. Bei der Anwendung auf Tiefbohrmaschinen können nach /47, 54/ drei Varianten der Prozessführung unterschieden werden: feststehendes Werkstück mit rotierendem Werkzeug, feststehendes Werkzeug mit rotierendem Werkstück und rotierendes Werkzeug mit gegenläufig rotierendem Werkstück.

Eine zusätzliche Möglichkeit zum Einsatz des Einlippenbohrens auch auf Bearbeitungszentren ist die Verwendung von Pilotbohrungen, welche zuvor mit einem entsprechenden Wendelbohrer erzeugt wurden. Nach Vorbereiten der Pilotbohrung wird das langsam drehende Tiefbohrwerkzeug eingeführt und dann auf die Nenndrehzahl beschleunigt, bevor bei konstantem Vorschub der Bohrungsgrund erreicht ist. Somit ist gewährleistet, dass das Werkzeug in der bereits existierenden Bohrung geführt wird und nicht verläuft oder abknickt. Wirtschaftlicher ist jedoch das Bohren mit Anbohrbuchse, da hier der vorbereitende Prozessschritt zum Setzen der Pilotbohrung entfällt. Voraussetzung zum Einsatz des Einlippentiefbohrens auf Bearbeitungszentren ist die Zusatzrichtung einer leistungsfähigen Hochdruck-KSS. Versorgung mit einem Betriebsdruck von $p \approx 80$ bar /10, 24, 30, 35/.

3.1.1 Aufbau des Einlippentiefbohrens

Ein Einlippentiefbohrwerkzeug, wie es in Abbildung 3.1 dargestellt ist, besteht aus drei Bauteilen: Einspannhülse, Schaft und Bohrkopf. Durch die Einspannhülse wird das Bohrwerkzeug mit der Hauptspindel verbunden. In diese ist der Schaft üblicherweise eingelötet, wobei die Fügestelle im Rahmen dieser Arbeit als geklebte Verbindung modelliert werden soll. Hierbei dient die Fügestelle der Übertragung des Drehmoments sowie der Vorschubkraft. Des Weiteren wird durch sie maßgeblich die Zentrierung des Schafts und somit des Bohrkopfs bezüglich der Maschinenachse sowie der Rundlauf bestimmt.

Die Ansprüche an den Schaft sind aufgrund der vorherrschenden Torsionsbeanspruchung vor allem bei kleinen Durchmessern und großen L/D-Verhältnissen sehr hoch. Wenn möglich wird der Schaft daher aus zähem Vergütungsstahl hergestellt. In diesen Fällen wird der Bohrkopf aus Hartmetall (HM) aufgelötet. Bei kleinen Bohrer Durchmessern sind Schaft und Kopf aus fertigungstechnischen Gründen meist einteilig aus HM hergestellt, wie auch das im Rahmen dieser Arbeit modellierte Werkzeug. Hierdurch erhöhen sich die Werkzeugfestigkeitskennwerte, was allerdings eine höhere Bohrer Bruchgefahr infolge des spröderen Materialverhaltens zur Folge hat. Da für die Bearbeitungsgenauigkeit und Qualität der erzeugten Bohrung der HM-Bohrkopf die größte Bedeutung hat, wird dies in Kauf genommen.

Da Einlippenbohren mit vergleichsweise hohen Drehzahlen arbeitet und die Werkzeugschäfte zudem einen unsymmetrischen Querschnitt haben, muss bei größeren Werkzeuglängen einer Auslenkung (Ausknicken) des Schafts vorgebeugt werden. Hierzu können sogenannte Lünetten oder auch Werkzeugstützlager zum Einsatz kommen /55/. Positiver Nebeneffekt bei der Verwendung von Lünetten ist die Verbesserung der zentrischen Lage des Werkzeugs. Außerdem können diese dämpfende Wirkung haben und eventuell vorliegende Biegschwingungen minieren.

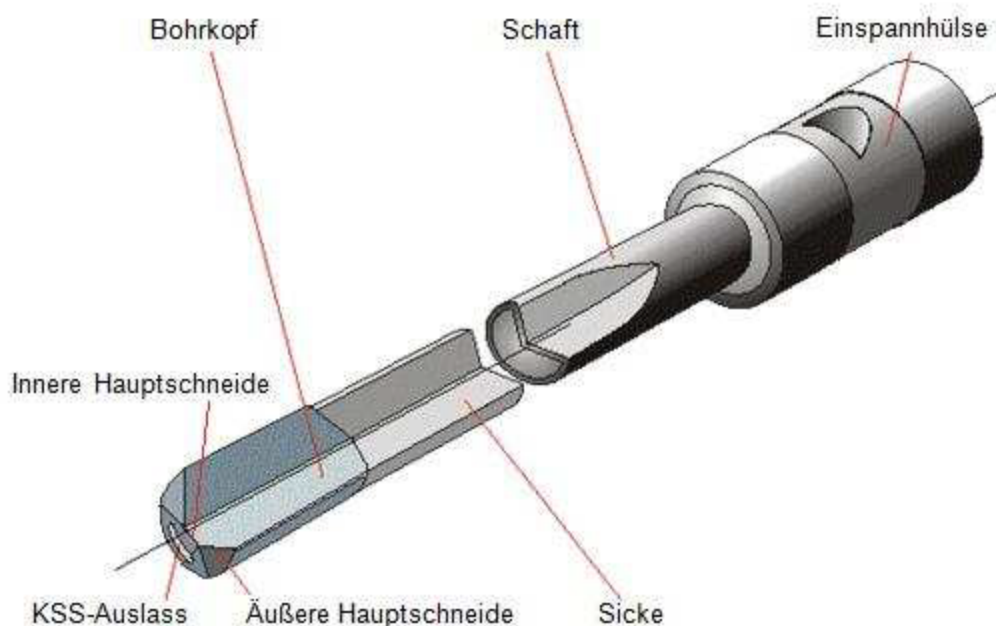


Abbildung 3.1 Einlippentiefbohrwerkzeug /27/

3.2 Schwingungsproblematik beim Tiefbohren

Bei erhöhten Schnittparameterwerten kann es beim Einlippentiefbohren zu unerwünschten dynamischen Instabilitäten, dem so genannten Rattern, kommen. Diese Wechselbeanspruchung des Werkzeugs lässt sich sowohl im Bohrmoment als auch in der Vorschubkraft erkennen. Kennzeichnend für das vorgestellte ELB-Verfahren ist das geschlossene Kräftesystem, das eine Bestimmung der vorherrschenden Prozessgrößen erschwert. Verschiedene Wissenschaftler haben sich bereits mit der Prozessanalyse des ELB-Verfahrens beschäftigt. *Astanin* /2/ applizierte Dehnungsmessstreifen (DMS) mit Hilfe eines Messknaben zur Bestimmung der Prozesskräfte. *Sakuma* /41/ brachte die DMS direkt auf dem Werkzeug Schaft auf und konnte so eine Werkzeugverdrillung detektieren. Streichen gelang es die dynamischen Belastungen an rotierenden Werkzeugen im Prozess zu erfassen, wobei die Daten kontaktlos über eine Telemetrie übermittelt wurden. *Phleggar* konnte durch Entfernen der Führungsleisten Rückschlüsse auf die Passivkraft ziehen /42/.

Die bereits erwähnten dynamischen Werkzeugbelastungen führen zu einem erhöhten Werkzeugverschleiß und verringerten Bohrungsqualitäten /25, 26/. Die Werkzeuge sind in erhöhtem Maße schwingungsanfällig und somit vor allem im Bereich der Lötungen zwischen Bohren Kopf und Bohrer Schaft bruchgefährdet.

Bei Anwendungen, die am Ende einer Wertschöpfungskette liegen, wie z.B. die Schmierstoffversorgungsbohrungen bei einer Kurbelwelle, droht ein großer finanzieller Verlust durch Ausschuss. Während des Bohrprozesses kann es nach Streicher infolge der auftretenden Zerspan- und Massenkräfte zu unterschiedlichen Schwingungsarten kommen /1, 21, 56/. Diese lassen sich klassifizieren als:

- Longitudinalschwingungen
- Torsionsschwingungen
- Biegeschwingungen

Die longitudinalen Schwingungen verlaufen entlang der Längsachse des Bohrers und sind durch hohe Frequenzen und geringe Amplituden gekennzeichnet. Allerdings treten diese selten bei Einlippenbohren auf und haben eine vernachlässigbare Auswirkung auf den Prozess im Vergleich zu den Biege- und Torsionsschwingungen /11, 13/. Die Biegeschwingungen sind die Ursache für das Drillbohren und sind beim BTA-Tiefbohren, aufgrund der langen Bohrröhre, ein wesentliches dynamisches Problem des Verfahrens /56/. Beim Einlippentiefbohren ist diese Art von Schwingungen durch die Abstützung in der Lünette zwar nicht ganz auszuschließen, hat aber auch aufgrund der im Verhältnis deutlich längeren Führungsleisten des Bohrkopfes einen geringen Einfluss auf den Prozess. Die Torsionsschwingungen können dagegen Rattern hervorrufen. Wenn diese Schwingungsform auftritt, so überlagert sich die entstehende Werkzeugverdrehung mit der vom Antrieb generierten Drehbewegung. Die Umfangsgeschwindigkeit der Werkzeugschneide schwankt daher zwischen einem niedrigen und einem hohen Grenzwert. Liegt der untere Grenzwert bei 0 m/min, bleibt die Schneide während des Schnittes stehen. Bei Werkzeugen mit einem hohen Schlankheitsgrad ($\lambda=l/d \geq 80$) kann die Verdreh-Winkel-Amplitude so groß sein, dass negative Werte für die Schnittgeschwindigkeit auftreten bzw. dass die Schneide periodisch außer Schnitt gerät /47/. Die oberen Grenzwerte der Schneiden-umfang-Geschwindigkeit erreichen im Gegensatz dazu mehr als das Doppelte der eigentlichen Schnittgeschwindigkeit. Eichler /11/ untersuchte das Torsionsschwingungsverhalten von Einlippenwerkzeugen mit kleinen Durchmessern und ermittelte statische und dynamische Kenngrößen. Für kleine Werkzeugdurchmesser ermittelte Eichler die maximalen Verdreh Winkel der Werkzeugschneide und die effektive Schnittgeschwindigkeit. Auch hier wurden erhebliche Unterschiede zwischen maximaler und minimaler Schnittgeschwindigkeit an der Schneide

festgestellt, die zudem vom Verschleißzustand des Werkzeuges abhängig ist. Negative Werte für die Schnittgeschwindigkeit traten hier aber nicht auf /11/.

Eine weitere Unterscheidung der Schwingungen erfolgt über die Anzahl der Freiheitsgrade. Der Einfassen-Schwinger kann als Beispiel für die Schwingung mit einem Freiheitsgrad dienen. Streicher fand heraus, dass beim Einlippentiefbohren die Werkzeuge zumeist mit der ersten Torsionseigenfrequenz schwingen, es sind aber Schwingungen mit der zweiten Torsionseigenfrequenz oder Überlagerungen beider zu beobachten /47/. Auch beim BTA-Tiefbohren sind verschiedene Torsionsschwingungsformen erkennbar /56/. Systeme mit mehreren Freiheitsgraden werden oft verwendet, um Schwingungen von komplexen Konstruktionen zu untersuchen. Kontinuierlich schwingen mit unendlich viele Freiheitsgrade erforderlich, da technische Systeme meistens mit ihren ersten niedrigen Eigenfrequenzen schwingen. Zur Beschreibung dieser Schwingungsformen entwickelte Chin mathematische Modelle mit ein und zwei Freiheitsgraden /6, 7/. Ähnliche Modelle wurden auch für die Simulation von Ratter-Schwingungen bei Wendelbohrern und Reiben entwickelt /4, 9, 33, 43, 60/. Im Fokus anderer Untersuchungen standen die erreichbaren Bohrungsqualitäten. In vielen weiteren Modellen zur Simulationen Ratter-Analyse wird auch die Maschinendämpfung als bestimmende Größe definiert /1, 12, 28, 33, 48 - 50, 58, 59/. Jedoch ist beim Einlippentiefbohren die Maschinenspindel als ideal Stief zu betrachten im Vergleich zum torsionsweichen Werkzeug Schaft.

Bei Betrachtung des dynamischen Systems des Bohrprozesses bestehend aus Werkstück, Werkzeug, Maschine und den Eigenfrequenzen der geringsten dynamischen Steifigkeit. Beim Einlippentiefbohren ist dies das Werkzeug, das im Vergleich zu den anderen im Kraftfluss liegenden Komponenten die geringste Steifigkeit aufweist. Einlippentiefbohrwerkzeuge sind im Vergleich zu den anderen Tiefbohrwerkzeugen besonders anfällig gegenüber Torsionsschwingungen, weil sie Prinzip bedingt eine geringe Torsion Steifigkeit aufweisen. Durch die eingewalzte Sicke am ELB-Schaft, die zur Abfuhr der KSS-Späne-Gemischen benötigt wird, verliert das Werkzeug an Stabilität, im Vergleich zum Bohr-Rohr beim BTA- oder Ejektor-Tiefbohren. Aufgrund der besonderen Form des Querschnittes mit der eingewalzten Sicke verliert der Bohrer Schaft ungefähr 64% von seiner ursprünglichen Torsion Steifigkeit /29, 47/.

3.3 Ausdehnungsgerechtes Konstruieren

3.3.1 Erscheinung der Ausdehnung

Die Erscheinung der Ausdehnung ist hinlänglich bekannt. Zur Beschreibung definiert man für Körper die Längenausdehnungszahl mit der Formel (3.1).

$$\beta = \frac{\Delta l}{l \cdot \Delta \vartheta_m} \quad (3.1)$$

Hierbei haben die Formelzeichen nachfolgende Bedeutung:

Δl Längenänderung (Ausdehnung) infolge Erwärmung um $\Delta \vartheta_m$

l Betrachtete Länge des Bauteils

$\Delta \vartheta_m$ Temperaturdifferenz, um die sich der Körper im Mittel erwärmt

Nach DIN 1345 wird die Längenausdehnungszahl im Allgemeinen mit α bezeichnet. Wegen der Bezeichnungsgleichheit mit der Wärmeübergangszahl α , die in diesem Abschnitt ebenfalls auftritt, wird stattdessen β gewählt.

Die Längenausdehnungszahl beschreibt die Ausdehnung in einer Koordinatenrichtung des festen Körpers, während die Raumausdehnungszahl, die die relative Volumenänderung pro Grad angibt, vornehmlich bei Flüssigkeiten und Gasen angewandt wird und bei besten homogenen Körpern den dreifachen Wert der Längenausdehnungszahl hat. Die Definition der Ausdehnungszahl ist weiterhin als Mittelwert über den jeweils durchlaufenen Temperaturbereich zu verstehen, denn sie ist nicht nur werkstoff- sondern auch temperaturabhängig. Mit Höheren Temperaturen nimmt die Ausdehnungszahl im allgemeinen zu /42/.

3.3.2 Ausdehnung von Bauteilen

Zur Berechnung der Längenänderung Δl muss die örtliche und zeitliche Temperaturverteilung im Bauteil bekannt sein, aus der erst die jeweilige mittlere Temperaturänderung gegenüber dem Ausgangszustand bestimmt werden kann. Bleibt der Temperaturzustand zeitlich unverändert, z.B. im Beharrungszustand bei einem quasistationären Wärmefluss, spricht man von *stationärer Ausdehnung*. Ändert sich die Temperaturverteilung mit der Zeit, liegt *instationäre*, d.h. zeitlich veränderliche, Ausdehnung vor.

Beschränkt man sich zunächst auf die stationäre Ausdehnung, lassen sich unter Verwendung der Definitionsgleichung für die Längenausdehnungszahl die Einflussgrößen gewinnen, von denen die Ausdehnung der Bauteile abhängt sind in den Formeln (3.2) und (3.3).

$$\Delta l = \beta \cdot l \cdot \Delta \vartheta_m \quad (3.2)$$

$$\Delta \vartheta_m = \frac{1}{l} \int_0^l \Delta \vartheta(x) dx \quad (3.3)$$

Die für den Konstrukteur interessante Längenänderung Δl ist also

- Von der Längenausdehnungszahl β
- Von der betrachteten Länge l des Bauteils
- Von der mittleren Temperaturänderung $\Delta \vartheta_m$ dieser Länge abhängig

und kann entsprechend bestimmt werden.

Die so ermittelte Ausdehnung hat Gestaltungsmaßnahmen zur Folge: Jedes Bauteil muss in seiner Lage eindeutig festgelegt werden und darf nur so viele Freiheitsgrade erhalten, wie es zur ordnungsgemäßen Funktionserfüllung benötigt. Im Allgemeinen bestimmt man einen Festpunkt und ordnet dann für die erwünschten Bewegungsrichtungen Translation und Rotation entsprechende Führungsflächen mit Hilfe von Gleitbahnen, Gleitsteinen, Lagern usw. an. Ein im Raum schwebender Körper (z.B. Satellit oder Hubschrauber) hat 3 Freiheitsgrade der Translation in x-, y- und z- Richtung und 3 Freiheitsgrade der Rotation um die x-, y- und z- Achse. Ein Schub-Drehgelenk (z.B. das Loslager einer Getriebewelle) hat je einen Freiheitsgrad der Translation und Rotation. Ein an einer Stelle eingespannter Körper (z.B. Balken oder eine starre Flanschverbindung) hat dagegen keinen Freiheitsgrad. Anordnungen nach solchen Überlegungen sind aber nicht von selbst auch ausdehnungsgerecht /42/.

3.3.3 Relativausdehnung zwischen Bauteilen

Bisher war die Ausdehnung einzelner Elemente für sich behandelt worden. Sehr oft muss aber die relative Ausdehnung zwischen mehreren Bauteilen beachtet werden, besonders dann, wenn eine gegenseitige Verspannung besteht oder aus funktionellen Gründen bestimmte Spiele eingehalten werden müssen. Ändert sich außerdem noch der zeitliche Temperaturverlauf, ergibt sich für den Konstrukteur ein schwieriges Problem.

Die Relativausdehnungen zwischen zwei Bauteile sind in die Formel (3.4) /42/.

$$\delta_{Rel} = \beta_1 \cdot l_1 \cdot \Delta\vartheta_{m1(t)} - \beta_2 \cdot l_2 \cdot \Delta\vartheta_{m2(t)} \quad (3.4)$$

3.3.3.1 Stationäre Relativausdehnung

Ist im stationären Fall die jeweilige mittlere Temperaturdifferenz zeitlich unabhängig, konzentrieren sich die Maßnahmen bei gleichen Längenausdehnungszahlen auf ein Angleichen der Temperaturen oder aber bei unterschiedlichen Temperaturen auf ein Anpassen mittels Wahl von Werkstoffen unterschiedlicher Ausdehnungszahlen, wenn die Relativausdehnung klein bleiben muss. Oft ist beides nötig /42/.

3.3.3.2 Instationäre Relativausdehnung

Ändert sich der Temperaturverlauf mit der Zeit, z.B. bei Aufheiz- oder Abkühlvorgängen, ergibt sich oft eine Relativausdehnung, die viel größer ist als im stationären Endzustand, weil die Temperaturen in den einzelnen Bauteilen sehr stark unterschiedlich sein können. Für den häufigen Fall, dass es sich um Bauteile gleicher Länge und gleicher Ausdehnungszahl handelt, gilt dann mit den Formeln (3.5), (3.6) und (3.7).

$$\beta_1 = \beta_2 = \beta \quad (3.5)$$

$$l_1 = l_2 = l \quad (3.6)$$

$$\delta_{Rel} = \beta \cdot l (\Delta\vartheta_{m1(t)} - \Delta\vartheta_{m2(t)}) \quad (3.7)$$

Die zeitliche Erwärmung von Bauteilen ist u.a. von *Endres* /14/ und *Salm* /45/ für verschiedene Aufheizfälle angegeben worden. Gleichgültig, ob man einen Temperatursprung oder einen linearen Verlauf des aufheizenden Mediums annimmt, ist die Erwärmungskurve in ihrem zeitlichen Verlauf durch die sog. Aufheizzeitkonstante charakterisiert. Betrachtet man beispielsweise die Erwärmung $\Delta\vartheta_m$ eines Bauteils bei einem plötzlichen Temperaturanstieg $\Delta\vartheta^*$ des aufheizenden Mediums, so ergibt sich unter der allerdings groben Annahme, dass Oberflächen- und mittlere Bauteiltemperatur gleich seien, was praktisch nur für relativ dünne Wanddicken und hohe Wärmeleitahlen annähernd zutrifft, der im Formel (3.8) Beziehung folgt.

$$\Delta\vartheta_m = \Delta\vartheta^* (1 - e^{-t/T}) \quad (3.8)$$

Hierbei bedeutet t die Zeit und T die Zeitkonstante, dass wir mit der Formel (3.9) kalkulieren können.

$$T = c m / \alpha A \quad (3.9)$$

Hierbei haben die Formelzeichen nachfolgende Bedeutung:

$c = \text{spez. Wärme des Bauteilwerkstoffs}$

$m = \text{Masse des Bauteils}$

$\alpha = \text{Wärmeübergangszahl an der beheizten Oberfläche des Bauteils}$

$A = \text{beheizte Oberfläche am Bauteil}$

Trotz der genannten Vereinfachung ist der Ansatz für einen grundsätzlichen Hinweis tauglich. Bei unterschiedlichen Zeitkonstanten der Bauteile 1 und 2 ergeben sich verschiedene Temperaturverläufe, die zu einer bestimmten kritischen Zeit eine größte Differenz haben. Dies ist der Temperaturunterschied, der die maximale Relativausdehnung bewirkt. Hier können vorgesehene Spiele überbrückt werden, oder es treten Zwangszustände ein, bei denen z.B. die Streckgrenze überschritten wird. Eine Differenz im Temperaturverlauf wird vermieden, wenn es gelingt, die Zeitkonstanten der Beteiligten Bauteile gleichzumachen. Eine Relativausdehnung findet dann nicht satt. Nicht immer wird dieses Ziel erreichbar sein, aber zur Annäherung der Zeitkonstanten, d.h. Verminderung der Relativausdehnung, bietet sich mit $m = V \rho$

$$T = c \cdot \rho \cdot \frac{V}{A} \cdot \frac{1}{\alpha} \quad (3.10)$$

Hierbei haben die Formelzeichen nachfolgende Bedeutung:

$V = \text{Volumen des Bauteils}$

$\rho = \text{Dichte des Bauteilwerkstoffs}$

Konstruktiv zwei Wege an:

- Angleichung der Verhältnisse Volumen zur beheizten Oberfläche: V/A
- Korrektur über Beeinflussung der Wärmeübergangszahl α mit Hilfe von z.B. Schutzhemden oder anderen Anströmungsgeschwindigkeiten /42/

4 Konzept

4.1 Einleitung

Wir analysieren und trennen das Probleme in Teilprobleme, wir analysieren jeden Aspekt unabhängig, um eine globale Lösung zu finden und schätzen, welche Bedürfnisse der Füge-Apparats hat, mit dem Ziel, Lösungen vorzuschlagen für die verschiedenen Teilprobleme. Wenn wir alle Information haben, werden wir alle Information verbinden können um eine globale Lösung zu erhalten, sodass alle Bedürfnisse des Füge-Apparats befriedigt sind.

4.2 Aufteilen der Aufgabenstellung in Teilprobleme

Wenn wir das globale Problem analysieren, sehen wir, dass wir den Bohrer und die Hülse unabhängig positionieren sollen. Wenn die Teile positioniert sind, sollten wir eine Bewegung zwischen dem Bohrer und der Hülse annehmen, mit dem Ziel, dass die Teile perfekt angeschlossen und so positioniert sind, dass die Anordnung in den Ofen eingeführt werden kann zur Aushärtung des Klebstoffs.

Somit sollten wir bedenken, wie die beiden Teile zu positionieren sind, um bei dem Durchführen der Bewegung zwischen den Teilen zu gewährleisten, dass sich der Klebstoff richtig verteilt. Dies müssen wir auch bei der Montage beachten, um den Kühlkanal des Bohrers frei von Klebstoff zu halten. Schließlich machen wir eine Apparat so flexibel, dass wir mit einer kleinen Veränderung verschiedene Bohrer-Durchmesser herstellen können.

4.2.1 Fixierung der Hülse

Bei der Befestigung der Hülse ist sehr wichtig, dass die Hülse sich nicht bewegen kann, so dass zur korrekten Ausrichtung der Hülse diese an der Außenseite des hergestellten Teils befestigt wird und somit dieser Teil die Ausrichtung und Befestigung der Hülse absichert.

Andererseits ist zu beachten, die Einfachheit der Fertigung der Teile, also der Versuch, das Design so einfach wie möglich machen, zu gewährleisten. Dies hat den Hintergrund, dass unter diesen Bedingungen die Ergebnisse eine bessere Qualität sind. Und betrachten wir die einfache Montage des Apparats, wenn ein theoretisches Design gut ist. Im Gegensatz dazu: Wenn eine nicht ausreichend einfache Montage gewährleistet ist, führt dies zu nicht

erwünschten Ergebnissen. Schließlich betrachten wir auch die Anzahl der Teile, die hergestellt werden: Wenn wir weniger Teile zur Herstellung haben, wird das Design billiger.

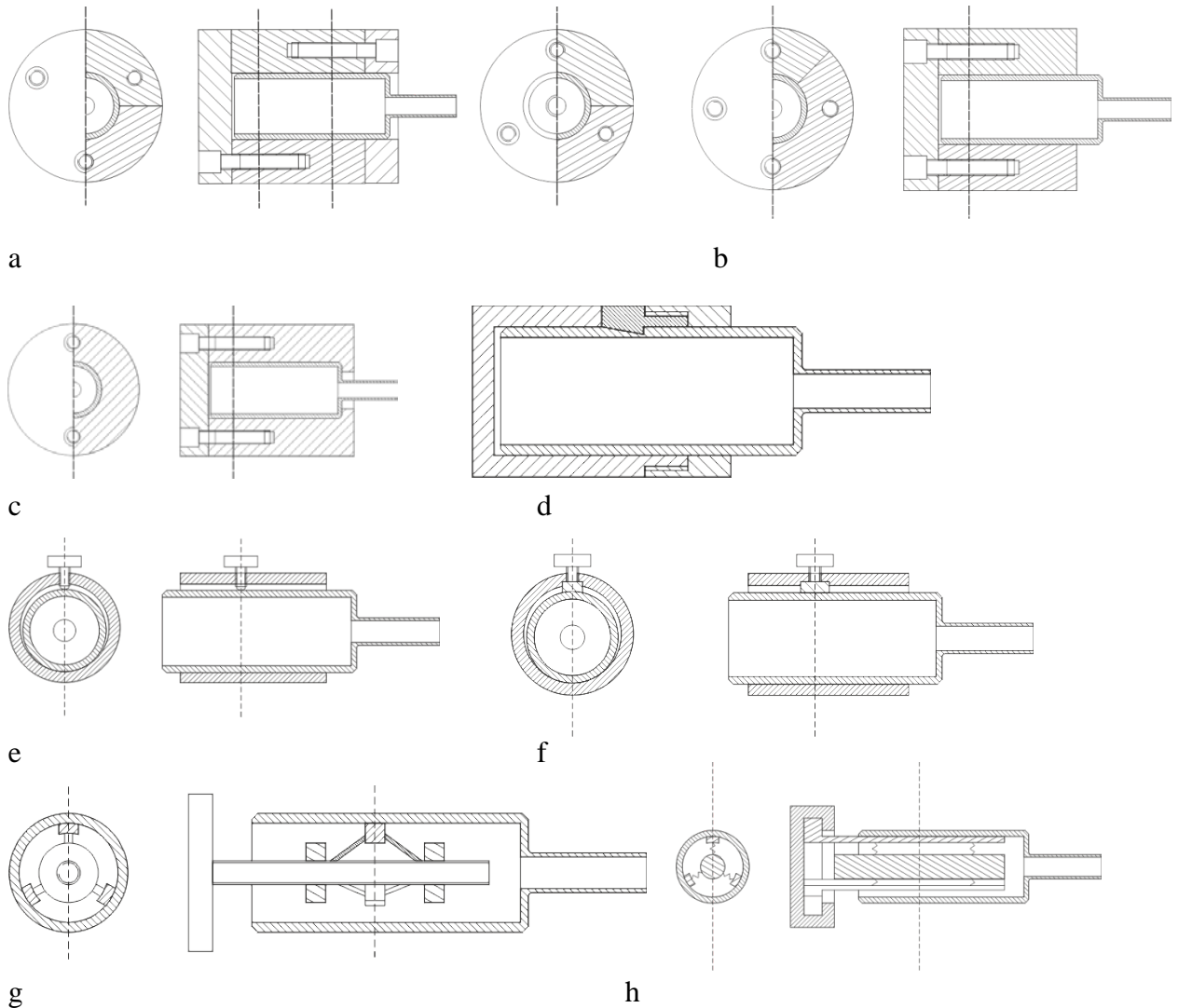


Abbildung 4.1: Möglichkeiten der Fixierung Hülse

Die erste Option ist es einen geteilten Ring in der Mitte, zusammen mit zwei Deckeln zu verwenden auf der Vorder- und Rückseite des Rings, Abbildung 4.1 a. In dieser Option die üben beide Teile des Rings Druck auf die Hülse aus, und die Ausrichtung ist gesichert, weil die Außenseite des Rings maschinенbearbeitet wird und somit gute Toleranzen hat. Die Fixierung ist auch gut, weil die Teile des Rings, sowohl Vorderseite, als auch Rückseite, befestigt sind. Eine Variante dieser Lösung wird in Abbildung 4.1 b dargestellt. Diese Möglichkeit beinhaltet nur einen Deckel auf der Rückseite des Rings. Deswegen ist die Fixierung nicht so stark wie die in der zuvor genannten Variante. Eine weitere Variante wird

in Abbildung 4.1 c dargestellt: Das Binden der Vorteile der beiden oben genannten Lösungen. Möglich ist hier das Einstellen des Drucks des Deckels.

In Abbildung 4.1 d haben wir eine Fixierung auf die Form. Diese Möglichkeit hat sehr gute Eigenschaften bei Befestigung und Ausrichtung, aber aufgrund der Komplexität der Teile wird es abgelehnt. In Abbildungen 4.1 e und 4.1 f haben wir zwei Möglichkeiten mit einer Schraubbefestigung, bei diesen Möglichkeiten kann, obwohl die Einstellung gut ist, nicht die Ausrichtung gewährleistet werden. Und schließlich in den Abbildungen 4.1 g und 4.1 h haben wir zwei innere Befestigungshülsen, die aufgrund der geringen Größe des Teiles sehr schwierig sind, hergestellt.

Möglichkeit	Kriterium					Entscheidung
	Anzahl Bauteile	Aufwand Fertigung	Aufwand Montage	Ausrichtung	Befestigung	
Zwei Deckel und zwei Halbzyylinder Abb. 4.1 a	-	0	0	++	++	+
Ein Deckel und zwei Halbzyylinder Abb. 4.1 b	0	0	+	++	+	+
Deckel und Zylinder Abb.4.1 c	++	++	++	++	++	++
Befestigung Form Abb. 4.1 d	+	-	+	--	++	0
Befestigung mit Schraube Abb. 4.1 e	++	++	++	--	0	-
Befestigung mit beschützen Schraube Abb. 4.1 f	+	+	++	--	0	-
Innenschraube Abb. 4.1 g	--	--	-	+	+	--
Sprungfeder Abb. 4.1 h	--	--	-	+	+	--

Legende: ++ = sehr gut, + = gut, 0 =Neutral, - = Schlecht, -- = sehr Schlecht

Tabelle 4.1 Fixierung Hülse

4.2.2 Fixierung des Bohrers

Der Herstellung der Befestigung des Bohrers muss perfekt sein, so dass wenn der Bohrer Fixierung ist, er sich nicht bewegen kann. Er muss eine sehr konkrete Position haben, weil die Rückseite des Bohrers in einer bestimmten Länge in die Hülse eingeführt werden muss, so dass die endgültige Einheit eine perfekte Ausrichtung haben muss, um eine größere Genauigkeit in der Herstellung der Teile mit dieser Hülse zu erzielen.

Zur Erreichung dieses Ziels machen wir das Design die Befestigung des Bohrens in zwei Teile, zum einen die Unterseite, dass die das Ziel, dass die Position haben, befestigen haben, und zum anderen die Oberseite, dass die das Ziel, dass die nicht bewegen kann, befestigen haben, und beide Teile sind verbinden durch Schrauben für die definitive Fixierung.

4.2.2.1 Fixierung des Bohrers unten

Die Fixierung Bohrer unten zielt darauf ab, um den Bohrer in Position zu setzen, so dass dieser eine gute Orientierung hat und vollkommen gerade ist. Zum Zeitpunkt der Wahl der Lösung müssen wir auch die Einfachheit der Herstellung und Montage von den entworfenen Teilen berücksichtigen, sowie die erforderliche Anzahl der Teile, um die angenommene Lösung durchzuführen.

Wegen des kleinen Durchmessers des Bohrers muss die Schlitz auch klein sein. Somit haben wir zwei Entwicklungen, einerseits ob wir die notwendigen Werkzeuge haben zu den kleinen Schlitz, und andererseits ob wir nicht die Werkzeuge haben. Und dann entscheiden wir, welche Option ist die beste Wahl des Designs. Somit entwerfen wir der Form des Schlitzes und wie können wir die beide Teile des Fixierung unten verbinden, im diese Möglichkeit, dass dies erforderlich ist.

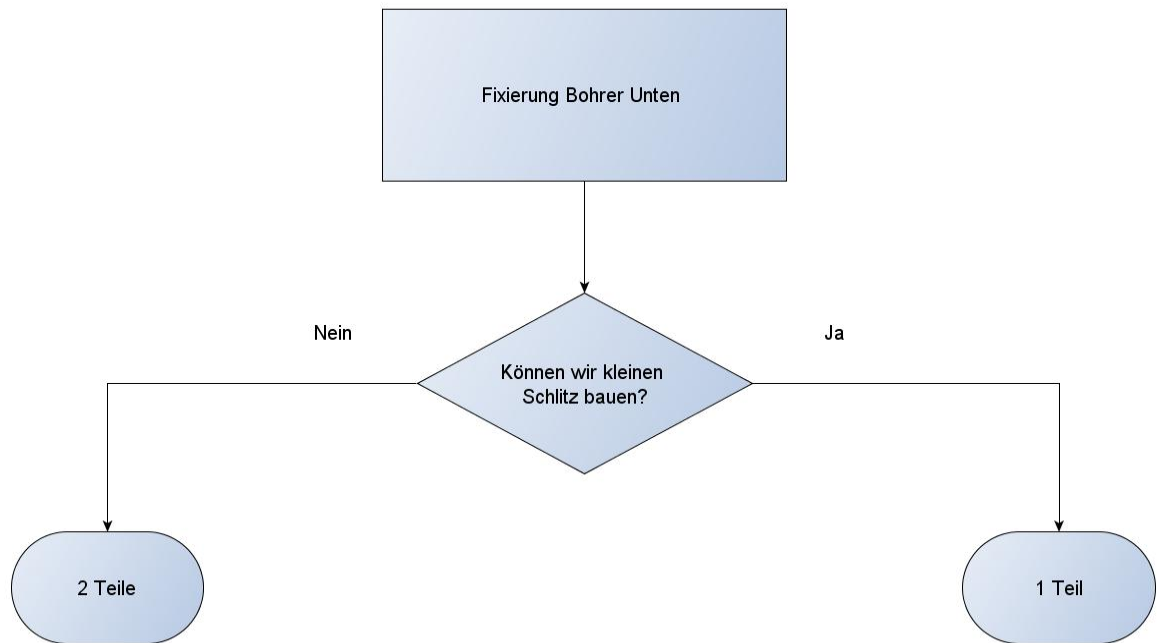
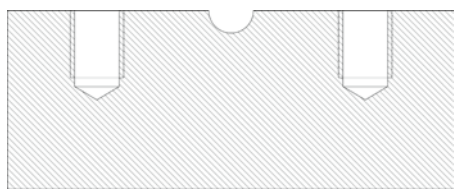
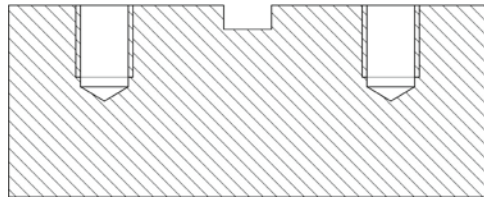


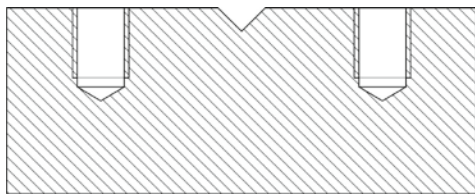
Abbildung 4.2 Fixierung Bohrer Unten Möglichkeiten



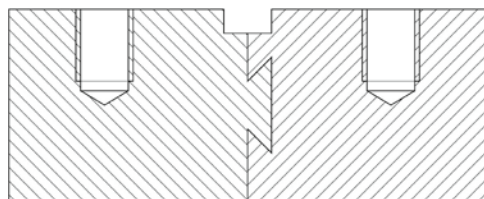
a



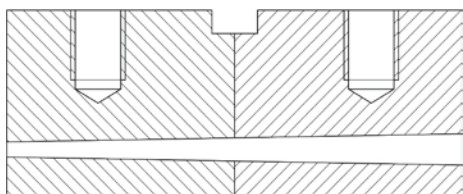
b



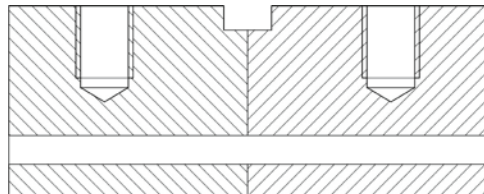
c



d



e



f

Abbildung 4.3 Möglichkeiten des Fixierung Bohrer, Unten

In Abbildungen 4.3 a, b und c haben wir drei Möglichkeiten des Schlitzes: Halbkreisbogen, Quadrat und Dreieck. Auf die Möglichkeit der Halbkreis (Abbildung 4.3 a) berührt die ganze Oberfläche theoretisch der Bohrer. Somit es wäre daher zwingen, führen wir die Bearbeitung des Schlitz sehr gut, mit kleinen Toleranzen, neben der notwendigen ein besonderer Fräser benutzen, um dieser Schlitz zu bauen. Auf die Möglichkeit des Quadrat (Abbildung 4.3 b) sind die Schnittlinien beauftragt mit sicher die Gerechtigkeit von der Bohrer. Somit es ist einfacher als erste Möglichkeit. Weil es einfacher zwei gerade zu einer Fläche steuern, wird auch die letzte Kurve für den Halbkreis.

Und die letzte Möglichkeit des Schlitzes ist das Dreieck (Abbildung 4.3 c). Das zwei geneigte Ebenen verwendet, um den Bohrer zu unterstützen. Diese beiden Ebenen sind leichter zu bauen als der Halbkreis. Obwohl wir immer noch das Problem haben, dass das Gebiet dafür sorgt, dass die Ausrichtung des Bohrers etwas eine Oberfläche und keine Linie ist.

In Abbildungen 4.3 d, e und f haben wir drei Möglichkeiten für befestigen beide Teile des Fixierung. In Abbildung 4.2 d haben wir eine Fixierung mit Führungsschiene, die sichern uns eine sehr gute Position. Obwohl seine Verwendung durch die Komplexität der Herstellung abraten ist. In Abbildung 4.2 e haben wir eine Fixierung durch einen Kegel, der auch eine gute Position sichern. Und seine Herstellung ist einfacher als die Herstellung der Führungsschiene. Schließlich in Abbildung 4.2 f haben wir der Union durch einen Zylinder. Obwohl die Position weniger sicher ist, bedingt durch die Herstellung der Möglichkeit einfacher als andere Möglichkeiten ist, wählen wir diese Option als endgültig.

Kriterium Möglichkeit	Anzahl Bauteile	Aufwand Fertigung	Aufwand Montage	Ausrichtung	Entscheidung
Halbkreisbogen Abb. 4.3 a	++	-	++	0	0
Quadrat Abb. 4.3 b	++	++	++	++	++
Dreieck Abb. 4.3 c	++	+	++	+	+
Führungsschiene Abb. 4.3 d	+	--	0	+	-
Kegel Abb. 4.3 e	+	0	0	+	0
Bolzen Abb. 4.3 f	+	+	0	0	+

Legende: ++ = sehr gut, + = gut, 0 =Neutral, - = Schlecht, -- = sehr Schlecht

Tabelle 4.2 Fixierung Bohrer, unten

4.2.2.2 Fixierung des Bohrers oben

Das Ziel des Fixierung-Bohrer-oben ist behindern die Bewegung zwischen dem Bohrer und dem Fixierung-Bohrer-unten. Außerdem dieses Ziel haben wir andere sekundären Zielen, verweisen auf seine Leichtigkeit von Fertigung und Montage, außerdem der Zahl des Teiles für Fixierung notwendigen bauen.

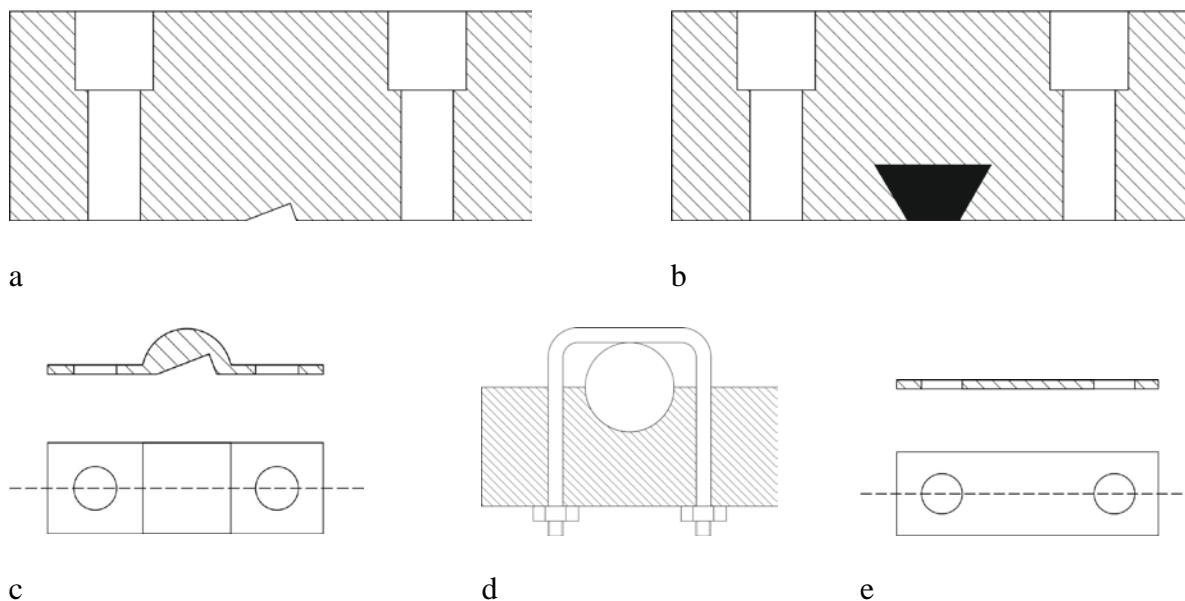


Abbildung 4.4 Möglichkeiten des Fixierung Bohrers, Oben

In Abbildung 4.4 a haben wir eine Befestigung-Form. In der wir mechanisch bearbeiten einen regellosen Schlitz, wie die Form des Bohrers. Diese Möglichkeit erreicht eine sehr gute Fixierung. Seitdem haben wir sehr gut die Position vom Bohrer definiert, diese Bearbeitung ist sehr Kompliziert zu bauen. Weil die Geometrie des Bohrers sehr Kompliziert ist. In Abbildung 4.4 b haben wir eine Befestigung durch Kautschuk. Bei dieser Möglichkeit ist der Kautschuk verformt sich die Geometrie der Bohrer. Schließlich haben wir so gut wie in der vorherigen Möglichkeit Fixierung. Aber jetzt müssen wir berücksichtigen, dass schließlich der Teil im Ofen einführen wird. Somit müssen wir sorgfältig auswählen, das verwendeter Kautschuk.

In Abbildung 4.4 c haben wir einen Änderungsantrag die Möglichkeit 4.4 a. In dieser Option verwenden wir nicht einen vollen oberen Teil. Sondern verwenden wir zwei kleinen Teile für die Fixierung sichern. Aber diese Möglichkeit ist komplizierter als die vorherigen. In Abbildung 4.4 d haben wir eine Befestigung durch Gewinde Rod. Diese Möglichkeit ist sehr einfach zu bauen und montieren. Somit es ist eine gute Lösung für die Endlich Lösung.

Schließlich in Abbildung 4.4 e haben wir eine Befestigung durch ein kleines Blech. Diese Möglichkeit ist äußerst einfach zu bauen, und die Fixierung ist durch die Schrauben sichern, Grund, warum die Bewertung diese Möglichkeit sehr positiv ist.

Kriterium Möglichkeit	Anzahl Bauteile	Aufwand Fertigung	Aufwand Montage	Befestigung	Entscheidung
Befestigung Form Abb. 4.4 a	+	-	+	++	-
Kautschuk Abb. 4.4 b	0	0	+	+	0
Kleine Befestigung Form Abb. 4.4 c	++	--	+	++	!
Schweißstab Abb. 4.4 d	0	+	+	++	+
Kleines Blech Abb. 4.4 e	++	++	++	+	++

Legende: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = Neutral, - = Schlecht, -- = sehr Schlecht

Tabelle 4.3 Fixierung Bohrer oben

4.2.3 Realisierung der Füge-Bewegung

Dieses Teilproblem bezieht sich auf die Bewegung zwischen dem Bohrer und die Hülse durchführen. Diese Bewegung soll eine Kombination aus einer Translation-Bewegung und eine andere Bewegung der Rotation, Grund ist dafür, dass die wir haben, um eine homogene Verteilung des Klebers um den Bohrer zu erreichen. Auch wir müssen eine gute Ausrichtung zwischen Bohrer und Hülse zu erreichen. Danach Bewegung fertig ist, und wie immer wir haben sekundären Ziele der Anzahl Bauteile, sowie einfache Herstellung und Montage von Teilen.

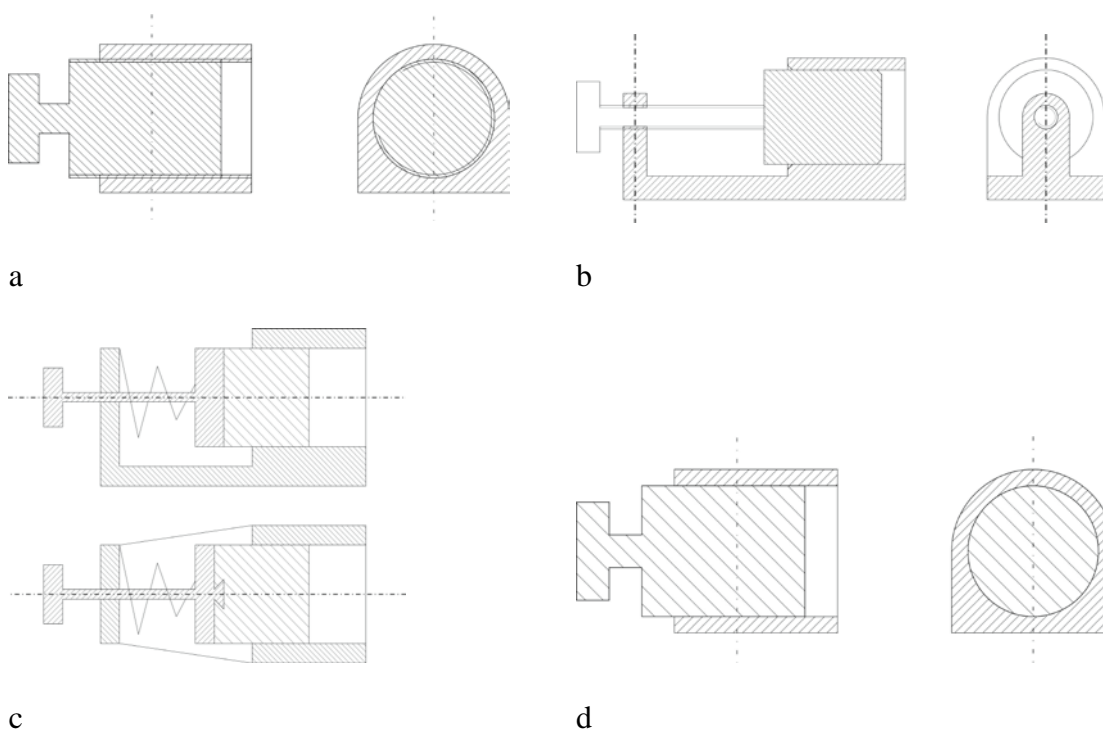


Abbildung 4.5 Möglichkeiten zur Realisierung der Füge-Bewegung

Die Möglichkeit der Abbildung 4.5 a ist eine Bewegung durch ein Gewinde mechanisch bearbeitet in der äußeren Zone der Fixierung-Hülse und auch im Unterbau. Obwohl beide Bewegungen gleichzeitig ausführen, die Ausrichtung ist nicht vollkommen sicher, aufgrund der Spiele in der Bearbeitung von dem Gewinde. Zur Vermeidung dieses Problem wird verwendet. Wir überfuhren das Gewinde außer der Oberfläche des Fixierung-Hülse, Abbildung 4.5 b. Ermöglicht eine sehr gute Verträglichkeit auf dieser Oberfläche und beide haben die gleichen Bewegungen. Eine Alternative zur Verwendung des Gewindes ist die Verwendung eine Sprungfeder. Die Rotation und Verschiebung ist, Abbildung 4.5 c. Der Sprungfeder wird seinen Gleichgewichtszustand machen die gewünschte Flugbahn

zurückzugewinnen. Und haben wir wie im vorherigen Option der äußeren Oberfläche der Hülse frei, um eine gute Toleranz zu erreichen.

Schließlich müssen wir die auszuführenden Bewegungen mit der Hand machen. Wegen es ist nicht wichtig wissen wie viele Umdrehungen macht die Hülse um der Bohrer herum für sicher ob der Klebstoff ordnungsgemäß verteilt ist. Diese Möglichkeit, Abbildung 4.5 d, ist die einfachste der exponierten herzustellen und es erzielt eine ausgezeichnete Ausrichtung zwischen dem Borer und der Hülse.

Kriterium Möglichkeit	Anzahl Bauteile	Aufwand Fertigung	Aufwand Montage	Ausrichtung	Entscheidung
Gewinde in der Zylinder Abb. 4.5 a	++	0	+	0	0
Gewinde nicht in der Zylinder Abb. 4.5 b	+	-	0	++	+
Sprungfeder Abb. 4.5 c	0	--	-	++	0
Zylinder Abb. 4.5 d	++	++	++	++	++

Legende: ++ = sehr gut, + = gut, 0 =Neutral, - = Schlecht, -- = sehr Schlecht

Tabelle 4.4 Bewegung

4.2.4 Klebstoff-Stopper

Da der Klebstoff flüssig ist, dass es ein Risiko ist, den in den Kühlen Kanal eingeführt wird, verhindern das ordnungsgemäße Funktionieren des Bohrers hergestellt, Grund, warum wir denken müssen, wie wir dieses Problem vermeiden. Andere Aspekte zu berücksichtigen sind die üblichen Stückzahlen hergestellt. Sowie einfache Fertigung und Montage.

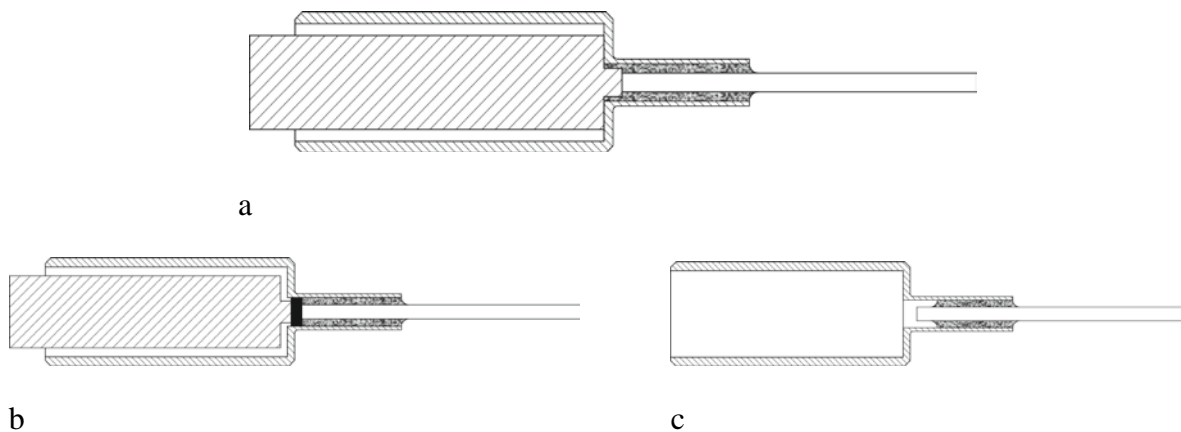


Abbildung 4.6 Möglichkeiten des Klebstoff-Stoppers

In Abbildung 4.6 a haben wir eine Formschluss, die einen kleinen Teil in den Kanal eingefügt wird. Unmöglich also der Klebstoff durch den Kanal hineingeht, in Abbildung 4.6 b, Ist eine Änderung von dieser Möglichkeit gefunden, die eine kleine Teil von Kautschuk auf die Spitze hat. Um besser der Kanal zu schließen. In diese Option sollen wir mit der gewählten Klebstoff vorsichtig sein. Weil wir der Teil in den Ofen stellen.

Wegen des kleinen Lochs zwischen Bohrer und Hülse, und die Viskosität des Klebstoffs, ist wahrscheinlich, die nicht notwendig ist, ein Teil zu verwenden, um den Kühlkanal blockiert. Diese Lösung finden wir in Abbildung 4.6 c, und wie logisch ist, dass die einfachsten zu fertigen und montieren ist. Ob diese Lösung verhindern die Eingang des Klebstoffs im Kühlkanal sichern kann, die die gewählte Möglichkeit wäre.

Möglichkeit	Kriterium				
	Anzahl Bauteile	Aufwand Fertigung	Aufwand Montage	Ausrichtung	Entscheidung
Formschluss Abb. 4.6 a	+	+	+	+	+
Kautschuk Abb. 4.6 b	0	+	+	++	+
Ohne Klebstoff-Bremse Abb. 4.6 c	++	++	++	0	++

Legende: ++ = sehr gut, + = gut, 0 = Neutral, - = Schlecht, -- = sehr Schlecht

Tabelle 4.5 Klebstoff-Stopper

4.2.5 Einsetzbarkeit des Apparats für verschiedene Bohrerdurchmesser

Wir machen eine Design, in die verschiedenen Durchmesser von Bohren herstellen kann, um einen vielseitigen Apparat zu bauen. Mit einer Änderung die Teile am kleinsten möglich kann, wir versuchen, dass die betroffenen Teile sehr einfach sind, um eine höhere Präzision in der endgültigen Lösung zu haben. Die Montage des Apparats soll einfach durchzuführen ist. Und in der Lage zu sein, wenn es montiert für eine konkrete Durchmesser, diese Konfiguration bleibt bis wir andere Durchmesser Bohrer herstellen möchten.

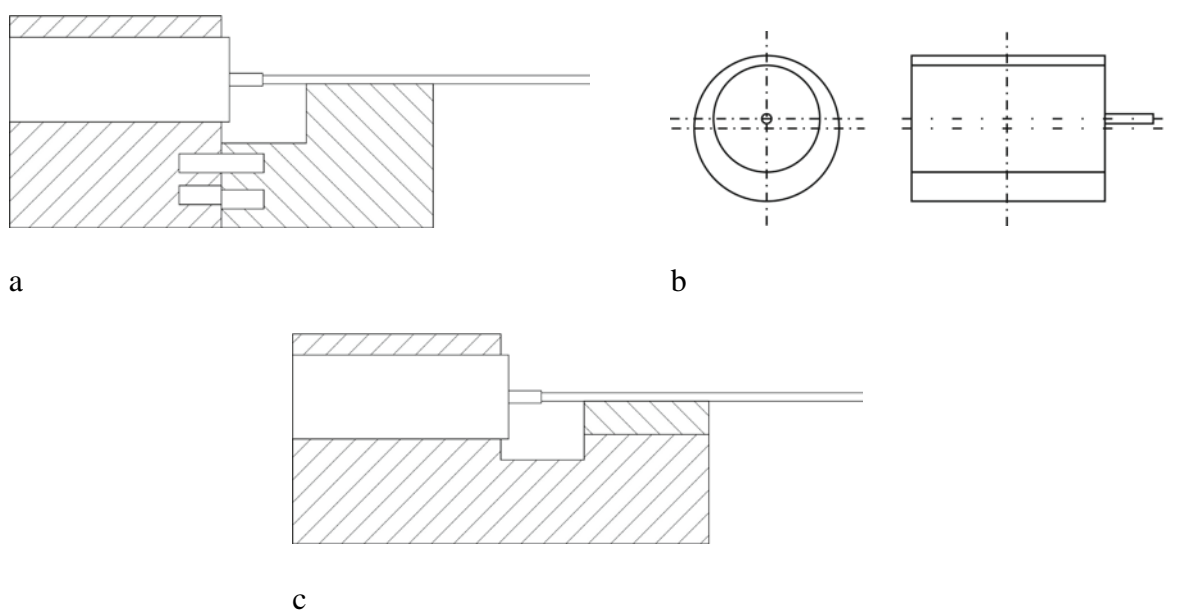


Abbildung 4.7 Möglichkeiten zur Durchmesser-Anpassung

In Abbildung 4.7 a lösen wir das Problem teilen die unterbau in zwei Teile. Das erste erhält der Hülse, und die zweite der Bohrer. diese beiden Teile werden durch Parallelen Pin ausgerichtet, um einen andere Durchmesser zu bauen. Sollten wir die Parallelen Pin extrahieren und stellen in andere Löcher für den eingebauten Durchmesser. Diese Möglichkeit hat den Vorteil, dass es keine Herstellung speziell für jedes Bohrdurchmesser eingebaut. Obwohl die Herstellung der Unterbau sehr Kompliziert ist, wegen der geometrischen und dimensional Toleranz, dass wir in diese Möglichkeit haben.

Haben wir in Abbildung 4.7 b eine Lösung durch einen exzentrischen Zylinder. In das wir die Fixierung Hülse in einen bestimmten Winkel stellen. Wir können eine ändere Durchmesser bauen aufgrund der Veränderung der Höhe des Hülse mit dem Winkel. In diese Möglichkeit haben wir im Wesentlichen zwei Probleme. Die Fixierung Hülse Platzierung erfordert auf der einen Seite eine ganz bestimmten Winkel für das reibungslose Funktionieren des Apparats,

und auf der anderen Seite der Bohrer ändert seine Position horizontal mit dem Durchmesser, der was die Herstellung des Apparats erschwert.

Schließlich löst in Abbildung 4.7 c das Problem durch die Verwendung von einem Teil, in dem die Höhe des Teils Funktion des Durchmessers der Bohrer Fertigung ist. Wegen des einfachen geometries des Teiles wir können ihre Messung problemlos steuern. Also ist die Lösung, die die Probleme am besten anspricht. Obwohl es uns ein Teil für jeden Durchmesser zu produzieren erfordert.

Kriterium Möglichkeit	Anzahl Bauteile	Aufwand Fertigung	Aufwand Montage	Ausrichtung	Entscheidung
Parallel Pin Abb. 4.7 a	+	+	+	+	+
Exzentrisch Zylinder Abb. 4.7 b	+	-	--	-	-
Durchmesserteil Abb. 4.7 c	0	+	++	++	++

Legende: ++ = sehr gut, + = gut, 0 =Neutral, - = Schlecht, -- = sehr Schlecht

Tabelle 4.6 Einsetzbarkeit des Apparats für verschiedene Bohrerdurchmesser

4.3 Auswahl der Teillösungen

Wir haben jedes Problem einzeln analysiert. Wir haben auch die Merkmale hervorgehoben, die den Apparat in jedes dieser Probleme erfüllen müssen, aber da die Lösung eines Teilproblems ein anderes beeinflussen kann. Müssen wir finden, welche Kombination von Lösungen ist die besser auf alle Merkmale reagieren, dass wir suchen.

Die Wähle Fixierung der Hülse ist die Möglichkeit „Deckel und Zylinder“ weil es sehr einfach zu Bauen und Montage ist. Und auch weil wir sehr gute Toleranz haben können. Das Problem der Bewegung bezieht sich auf dieses Problem, wir wählen die Möglichkeit „Zylinder“, ohne Gewinde und auch ohne Sprungfeder. Weil die einfacher ist, und auch weil wie sehr gute Toleranz haben können, und so fahren wir mit der Hand können.

Die Wähle Fixierung des Bohrers unten ist das Quadrat. Weil am besten Qualität haben können, und wir werden nur ein Teil bauen, weil wir eine kleine Schlitz bauen können, und oben wir wählen das kleines Blech, weil wir sehr gute Fixierung haben können, und es ist eine Lösung sehr leicht, auf der Bremse des Klebstoffs wir beschlossen, nicht um es zu platzieren, scheint aufgrund der geringen Größe des Lochs und die Viskosität, die unsere Kleber hat kompliziert in der Kühlung Kanal zu verringern.

Und Schließlich wir wählen in der Problem „Manche Bohrer-Durchmesser“ die Möglichkeit „Durchmesserteil“, weil wir sehr gute Toleranz haben können. In diese Teil werden wir die „Fixierung Bohrer unten“ haben, und mit der Höhe des Teils können wir manche Durchmesser des Bohrers Herstellen. In die Tabelle 4.7 haben wir eine Zusammenfassung der Gesamtlösung.

Teilproblem	Möglichkeit
Fixierung Hülse	Deckel und Zylinder
Fixierung Bohrer, unten	Quadrat
Fixierung Bohrer, oben	Kleines Blech
Bewegung	Zylinder
Klebstoff-Bremse	Ohne Klebstoff-Bremse
Manche Bohrer-durchmesser	Durchmesserteil

Tabelle 4.7 Gesamtlösung

5 Konstruktion

In Kapitel 4.3 zeigte die beste Option für jedes Teilproblem, an diesem Punkt die Teile werden dimensioniert, um die Fixierung zwischen dem Bohrer und der Hülse des ELB auszuführen. Es erliegt die erste Annäherung an die endgültige Lösung, wie in Abbildung 5.1 dargestellt.

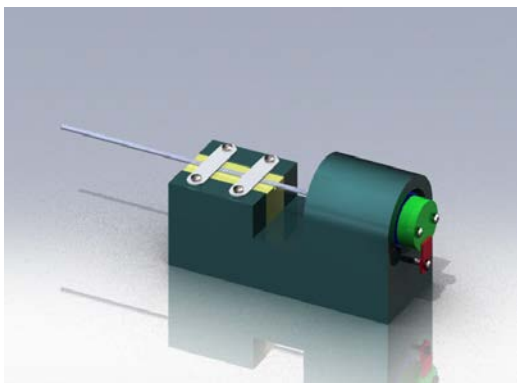


Abbildung 5.1 Konstruktion erste Lösung

Um asymmetrische Verformungen bei der Erwärmung des Füge-Apparats zu vermeiden, muss dieser ausdehnungsgerecht konstruiert sein. Daher wird die Konstruktion auf ungeeignete Geometrie untersucht. Da sich der massive untere Teil des Apparats im Bereich der Längsachse mehr ausdehnen würde, als der obere Teil, wird die zur Befestigung des Einsatzes benötigte Nut über die komplette Länge des Unterbaus fortgeführt, wie in Abbildung 5.2 dargestellt.

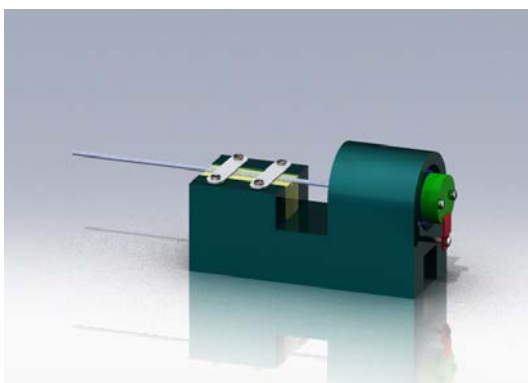


Abbildung 5.2 Konstruktion zweite Lösung

Die so erzielte Symmetrie sollte ein symmetrisches Ausdehnungsverhalten gewährleisten. Zur Überprüfung wird das thermische Verhalten dieser Geometrie mittels FEM untersucht.

5.1 Thermische Simulation

Eine sehr wichtige Rolle in der aktuellen mechanischen Konstruktion ist der Computersimulation, aufgrund der Einsparung von Kosten und Zeit in den Design-Prozess, die Simulation, die wir durchführen werden, werden thermische, wir erhöhen die Temperatur des unseres Modells, Abbildung 5.3, von 25 °C Umgebungstemperatur bis 150 °C erforderlich für die ordnungsgemäße Aushärtung des Klebstoffs, überprüfen wir, ob das Modell nimmt die Temperatur von 150 °C, 200 s sobald das Modell in den Ofen eingeführt wird.

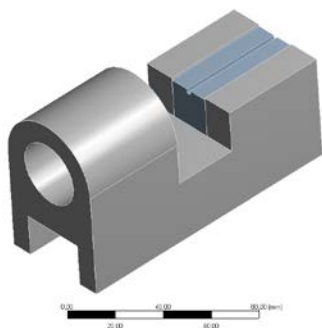


Abbildung 5.3 Geometrie

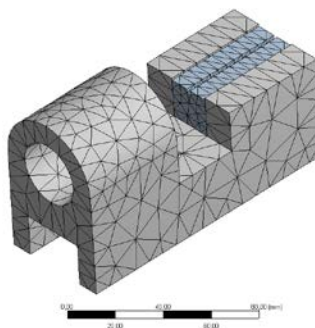


Abbildung 5.4 Vernetztes Modell

Die Methode verwendet, um die Simulation durchzuführen ist die FEM, also vernetzen wir unserer Modell, Abbildung 5.4, nach der Eingabe der Parameter der Arbeit in dem Programm, Abbildung 5.5, stellen wir die Fixierung, Abbildung 5.6, wo die Bewegung in Richtung der Achse y verhindert, verlassen die Freizügigkeit in die Achsen x und z.

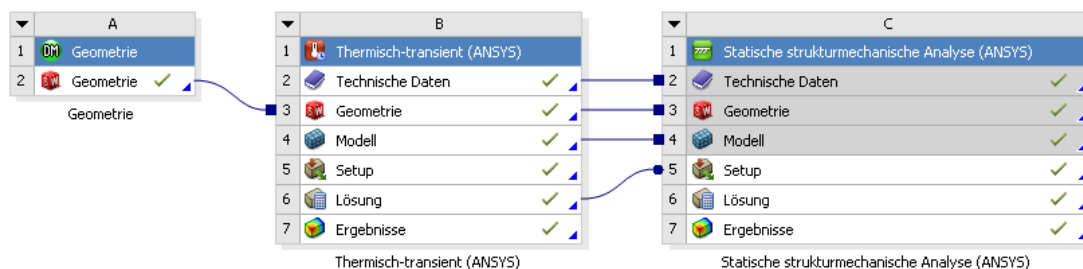


Abbildung 5.5

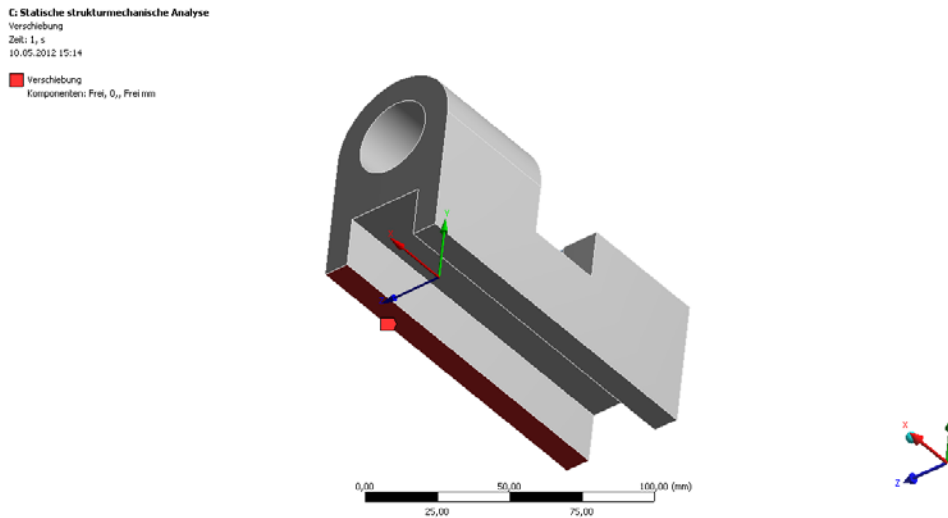


Abbildung 5.6 Lagerung

Zum Ausführen der Simulation erhalten wir die Ergebnisse der thermischen Ausdehnung wird das Apparat zu haben, Abbildung 5.7, darüber hinaus haben wir in Abbildungen 5.8 und 5.9 Ergebnisse sehen, das Model von hinten, vor und nach den Anstieg der Temperatur, wir verwenden diese Perspektive, denn hier können wir die relative Verformung zwischen dem Hülse und der Bohrer sehen, aus denen können wir ableiten, dass diese Verformungen in unserem Modell zulässig sind.

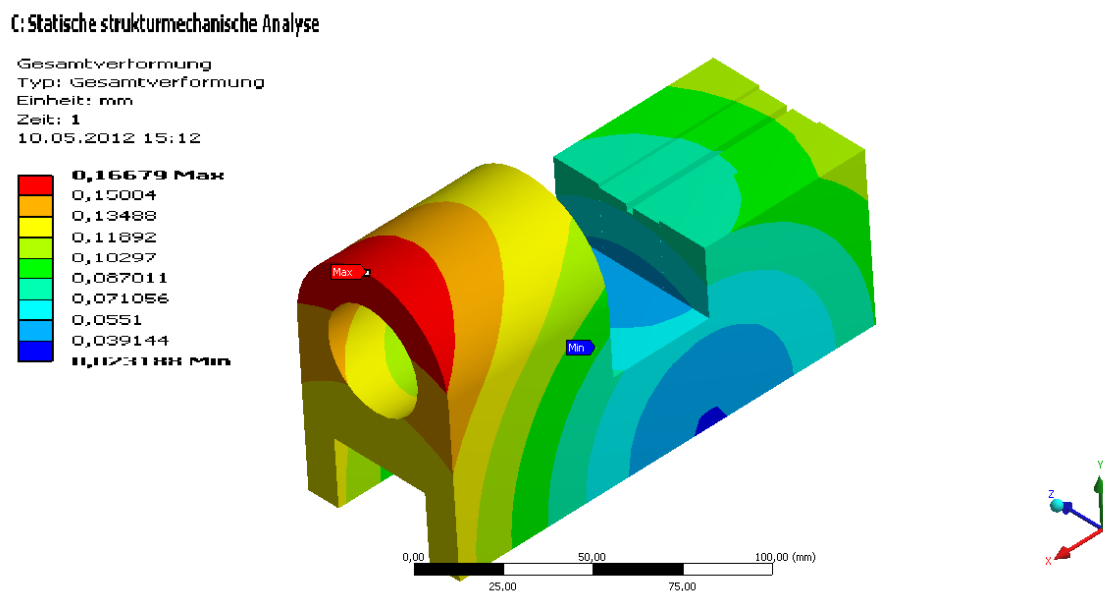


Abbildung 5.7 Verformung

C: Statische strukturmechanische Analyse

Gesamtverformung
Typ: Gesamtverformung
Einheit: mm
Zeit: 0,11111
10.05.2012 15:13

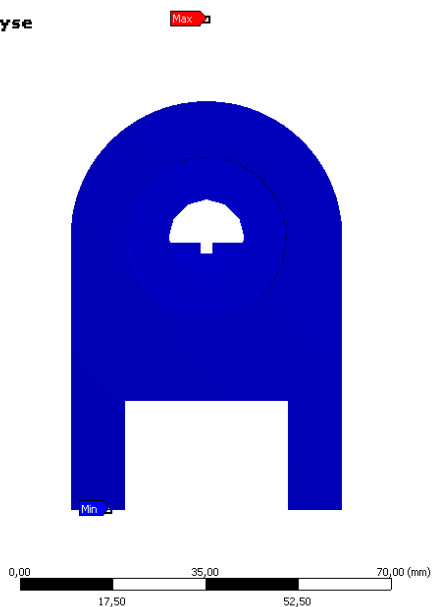
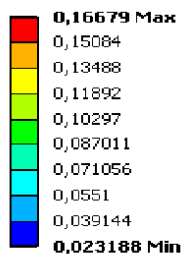


Abbildung 5.8 Verformung hinten mit 25 °C

C: Statische strukturmechanische Analyse

Gesamtverformung
Typ: Gesamtverformung
Einheit: mm
Zeit: 1,
10.05.2012 15:13

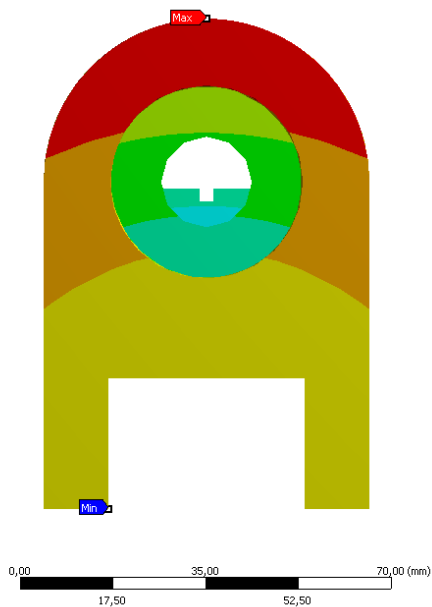
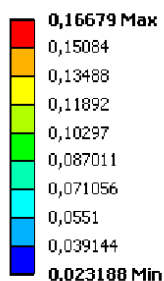


Abbildung 5.9 Verformung hinten mit 150 °C

5.2 Konstruktive Ausarbeitung des Füge-Apparats

Zur Vereinfachung der Fertigung des Apparats, wird der obere Teil des Grundkörpers nicht rund ausgeführt sondern eckig. Da hierdurch die thermische Relativverlagerung zwischen Hülse und Bohrerauflage nicht verschlechtert, ist dies zulässig. Somit ergibt sich die endgültige Geometrie des Apparats wie in Abbildung 5.10 dargestellt.

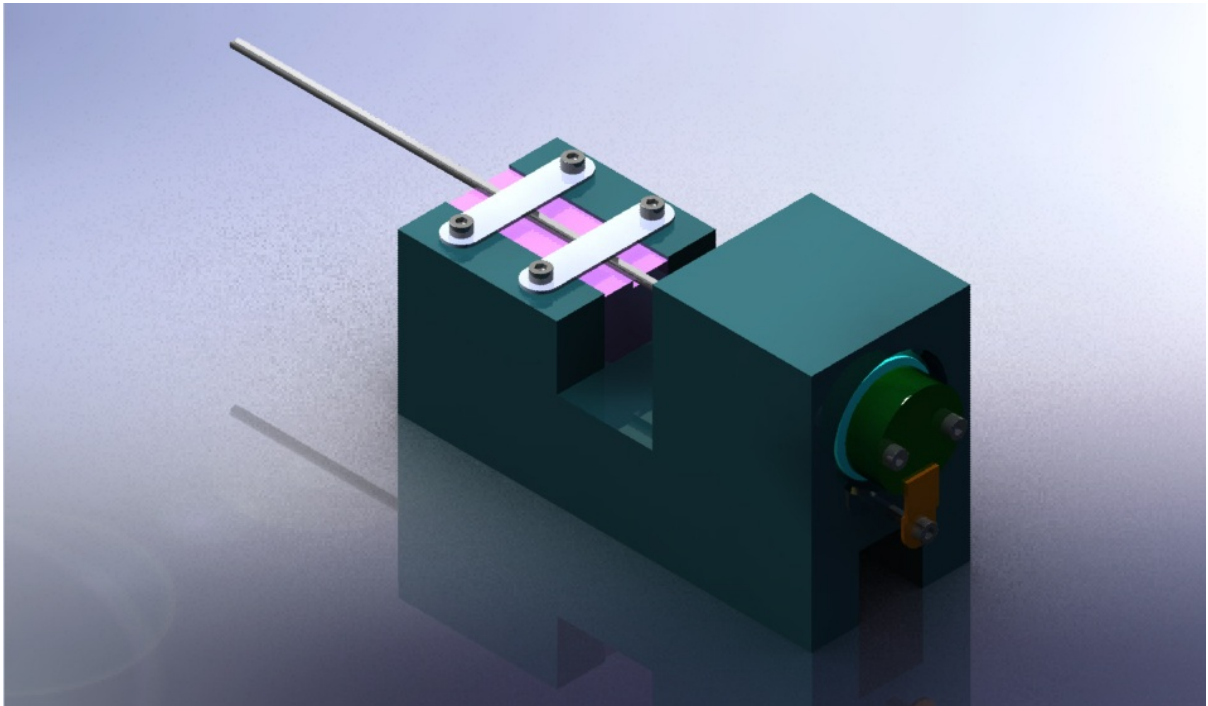


Abbildung 5.10 Füge-Apparat Gesamtheit

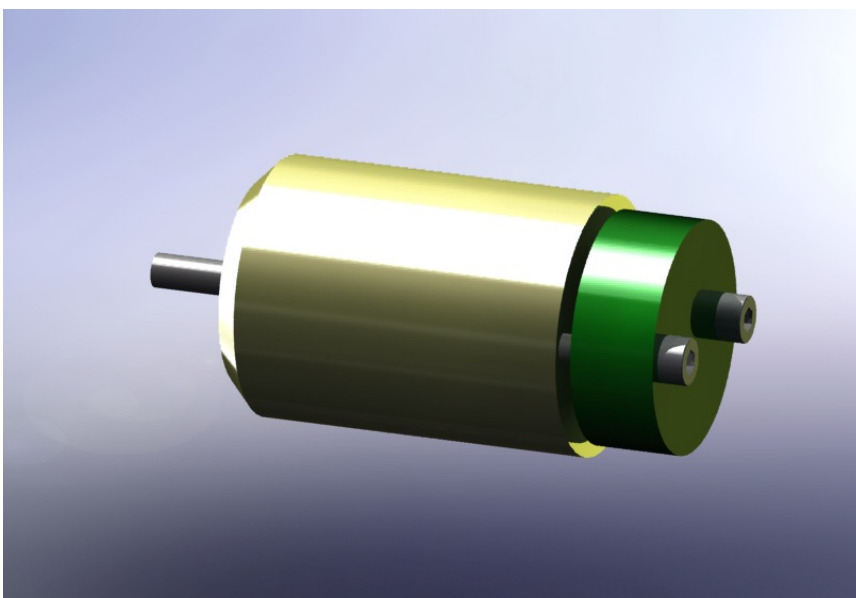


Abbildung 5.11 Fixierung Hülse Gesamtheit

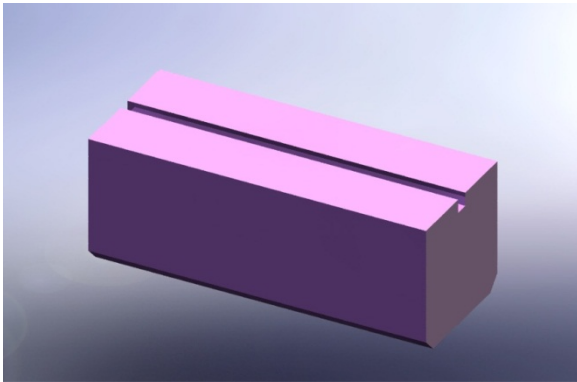


Abbildung 5.12 Durchmessererteil

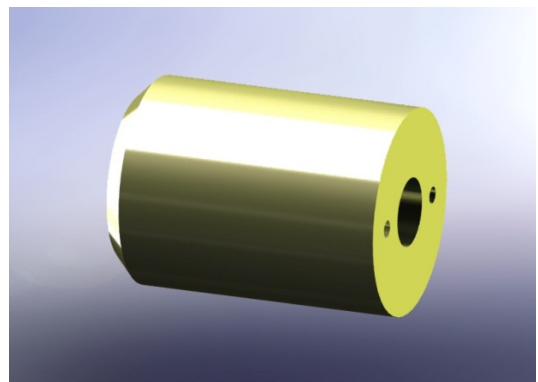


Abbildung 5.13 Ring-Hülse

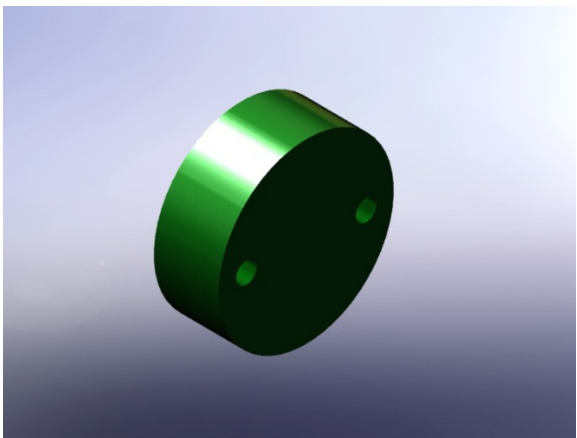


Abbildung 5.14 Deckel



Abbildung 5.15 Fixierung Bohrer

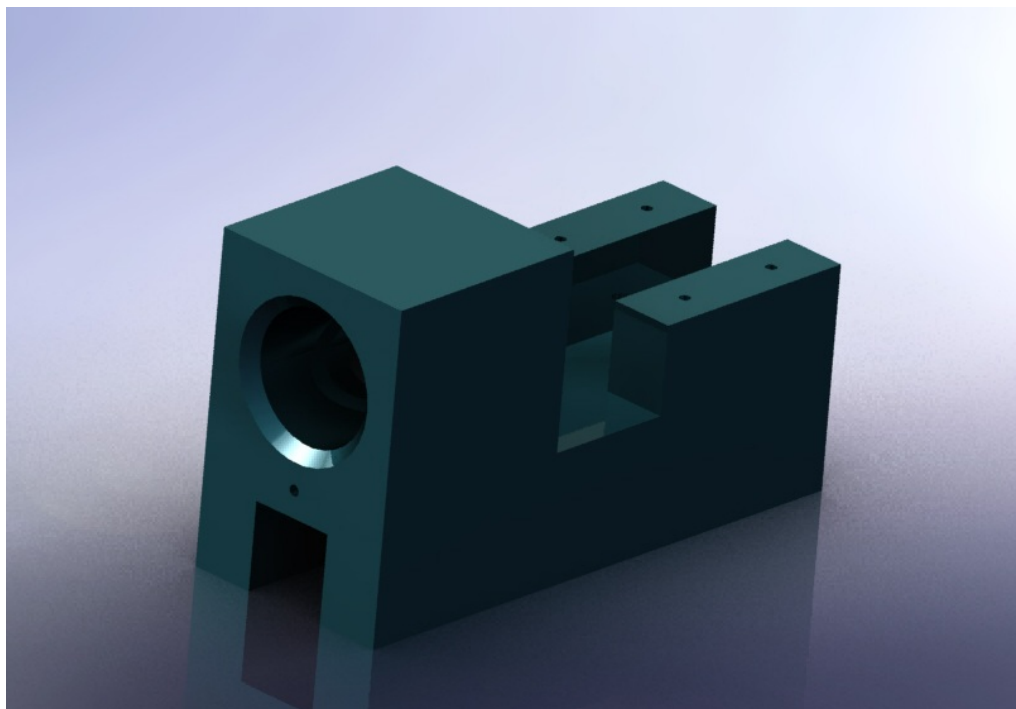


Abbildung 5.16 Unterbau

6 Auswahl des Klebstoffs und des Materials

6.1 Auswahl des Klebstoffs

6.1.1 Berechnung der erforderlichen Klebstoffdicke

In Abbildung 6.1 ist die Fügezone im Detail dargestellt.

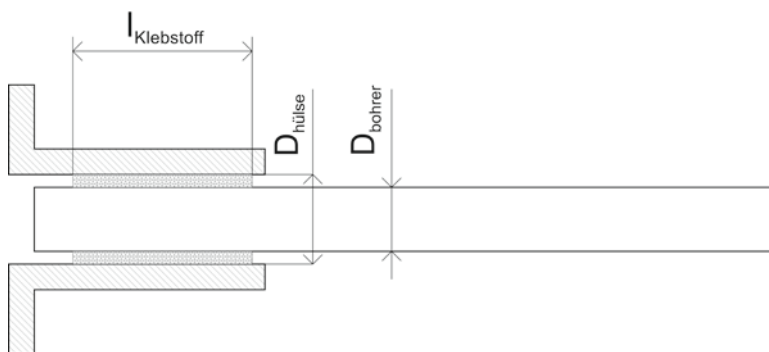


Abbildung 6.1 Detaildarstellung der Fügezone

Das Volumen der Klebstoff erforderlich ist:

$$V_{\text{Klebstoff}} = l_{\text{Klebstoff}} \times \frac{\pi(\varnothing_{\text{Hülse}} - \varnothing_{\text{Bohrer}})^2}{4}$$

Für den speziellen Anlass von einem 2,8 mm Durchmesser Bohrer brauchen wir $l_{\text{Klebstoff}} = 12$ mm lang, daher nutzen wir die Union ca. 6 ml Klebstoff durchführen.

6.1.2 Klebstoffauswahl

Wir haben zwei Möglichkeiten von Klebstoffe, die die wichtigsten Eigenschaften sind:

Klebstoff	DELOMONOPOX AD 286	DELOMONOPOX AD 295
Aushärtung Temperaturen (°C)	+130 ÷ +180	+130 ÷ +180
Aushärtungszeit (min)	75 bei +130 °C	40 bei +150 °C
	40 bei +150 °C	
	15 bei +150 °C	
Viskosität (mPas) Bei +23 °C, Brookfield S P/U 7/5	310.000	230.000
E-Modul (MPa) In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm Nach 40 min bei +150 °C	3800	5500

Tabelle 6.1 Eigenschaften von Klebstoffen

Bei der Wahl des Klebstoffs berücksichtigen wir Faktoren wie Aushärtung Temperatur und die Aushärtungszeit für eine richtige Aushärtung. Auf der anderen Seite werden wir die Viskosität des Klebstoffs berücksichtigen, weil wenn die Viskosität höherer ist, es dann schwieriger ist, den Klebstoff in den Kühl-Kanal des Bohrers zu hineingehen. Und auch berücksichtigen den Elastizitätsmodul, je höher dieser Wert der Bohrer hergestellt hat bessere mechanische Eigenschaften.

Die Aushärtung Temperatur der beiden Klebstoffe ist zwischen +130 °C und +180 °C, so wir werden nicht diese Faktor für die Entscheidung berücksichtigen. Die Aushärtungszeit ist die gleiche für beide Klebstoffe, aber für den Klebstoff DELOMONOPOX AD 286 haben wir

Information für andere Temperaturen. Ob wir die Viskosität beobachten, sehen wir dass es ist höherer in dem Klebstoff DELOMONOPOX AD 286, ein 35% höherer, und wir die Elastizitätsmodul beobachten, sehen wir dass es ist höherer in dem Klebstoff DELOMONOPOX AD295, ein 44% höherer, wenn wir in Betracht ziehen beide Klebstoffen sind gültig für den Betrieb, das Gewicht der last ist niedriger als vorherige, daher wählten wir die Klebstoff **DELOMONOPOX AD 286**.

6.2 Materialwahl

Wenn wir ein Material zur Herstellung von ein Teil wählen muss denken, wie wird dieser Teil während der Nutzungsdauer arbeiten, die mechanische Belastungen, die unseres Apparat werden fas ausschließlich thermische, die Arbeitstemperatur liegt zwischen 130 und 180 °C, so dass die Arbeitstemperatur ist relativ gering, obwohl wäre es sinnvoll, dass das Material einen niedrigen thermischer Ausdehnungskoeffizient hat, um eine bessere Qualität des Endprodukts zu erreichen, zusätzlich werden die Teile Wärmzyklen unterziehen, daher werden wir eine Material wählen, das so wenig wie möglich vor der thermischen Ermüdung erleiden können.

Die Herstellung-Methode, die wir verwenden werden, um die Teile durchzuführen ist die Maschinebearbeitung, somit wir sollen ein Materialien mechanisiert einfach wählen, wir müssen zusätzlich zu den oben genannten technischer Kriterien berücksichtigen die wirtschaftlichen, daher der gewählter Werkstoff ist Stahl, und in der Vielzahl von Stählen auf dem Markt wählen wir eine Stahl, die wir bereits in der Werkstatt, da der thermische Ausdehnungskoeffizient nicht zwischen der Stählen viel variieren, und dieser Stahl werden am günstigsten für uns.

7 Fertigung und Montage des Füge-Apparats

7.1 Vorbereitung

Wir müssen ein Teil für jeden Durchmesser bauen. Dieser Teil es heißt „Durchmesserteil“, in diesem Teil hängt die Höhe vom Durchmesser der Bohrer-Fertigung ab, mit dem Formel 7.1, die Abbildung 8.1 bildet dieser Teil ab.

$$h = 20 - \sqrt{\left(\frac{\varnothing_{Bohrer}}{2}\right)^2 - 1} \quad (mm) \quad (7.1)$$

Wo \varnothing_{Bohrer} ist der Durchmesser des Bohrers, der wir bauen möchten.

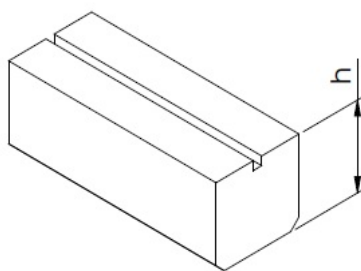


Abbildung 7.1 Höhe des Durchmesserteils

Um das Endziel zu erreichen, das die Hülse und der Bohrer perfekt ausgerichtet werden soll, zunächst herstellen wir die Durchmesserteil mit einer Höhe von 20 mm, und später korrigiert seine Höhe für eine gute Ausrichtung zu erreichen. Um dieses Ziel zu erreichen, montieren wir das Apparat und messen wir der Höhe von der Mitte des Bohrers und der Hülse, der Unterschied zwischen diesen beiden Maßnahmen werden das Ausmaß an der Durchmesserteil gesenkt werden. Um dieses Maß auszuführen, verwenden wir eine Höhenmessgeräte, gezeigt in Abbildung 7.2, und um diese Anpassung zu reichen, benutzen wir die Schleifmaschine, die in Abbildung 7.3 zeigen ist.



a

Abbildung 7.2

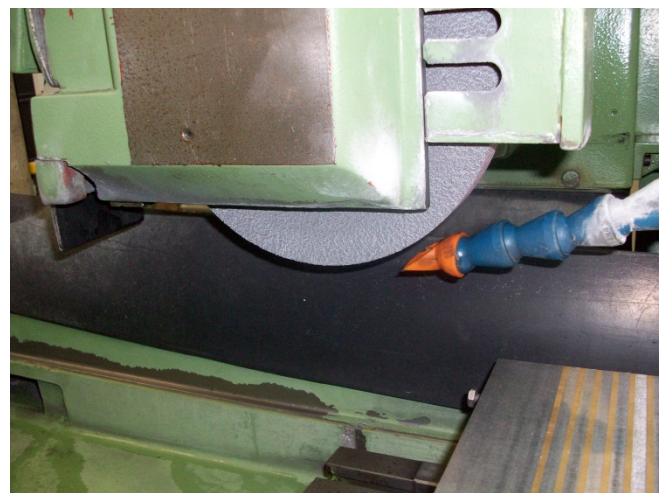


b

Höhe des Zentrums



a



b

Abbildung 7.3

Schleifen die Höhe des Durchmessererteils

7.2 Montage

Für die Herstellung von einem ELB folgen wir die folgenden Stufen: wir beginnen mit der Montage die Fixierung der Hülse. Zu diesem Zweck stellen wir die Hülse in „Ring-Hülse“, darauf stellen wir der Deckel mit zwei Schrauben, wie in Abbildung 7.4 dargestellt. Dann fügen wir der „Durchmesserteil“ und der „Unterbau“ durch Schrauben, wie in Abbildung 7.5 dargestellt. Jetzt fügen wir den Bohrer auf der Einheit, wie in Abbildung 7.6 a dargestellt, durch den „Fixierung-Bohrer“, in Abbildung 7.6 b sehen wir die Position des Bohrers, danach der befestigt wird.

Nach dem Befestigen des Bohrers. Stellen wir den Klebstoff auf den Bohrer, und wir einführen in die Einheit der Hülse. Während der Bewegung müssen wir auch eine Rotation-Bewegung machen, wie in Abbildung 7.7 sehen wir können. Schließlich stellen wir das kleine Blech, um nicht das Apparat zu bewegen, wie in Abbildung 7.8 sehen wir. Und das Apparat in den Ofen (Abbildung 7.9) schieben mit den Bedingungen für die Aushärtung des Klebstoffs.

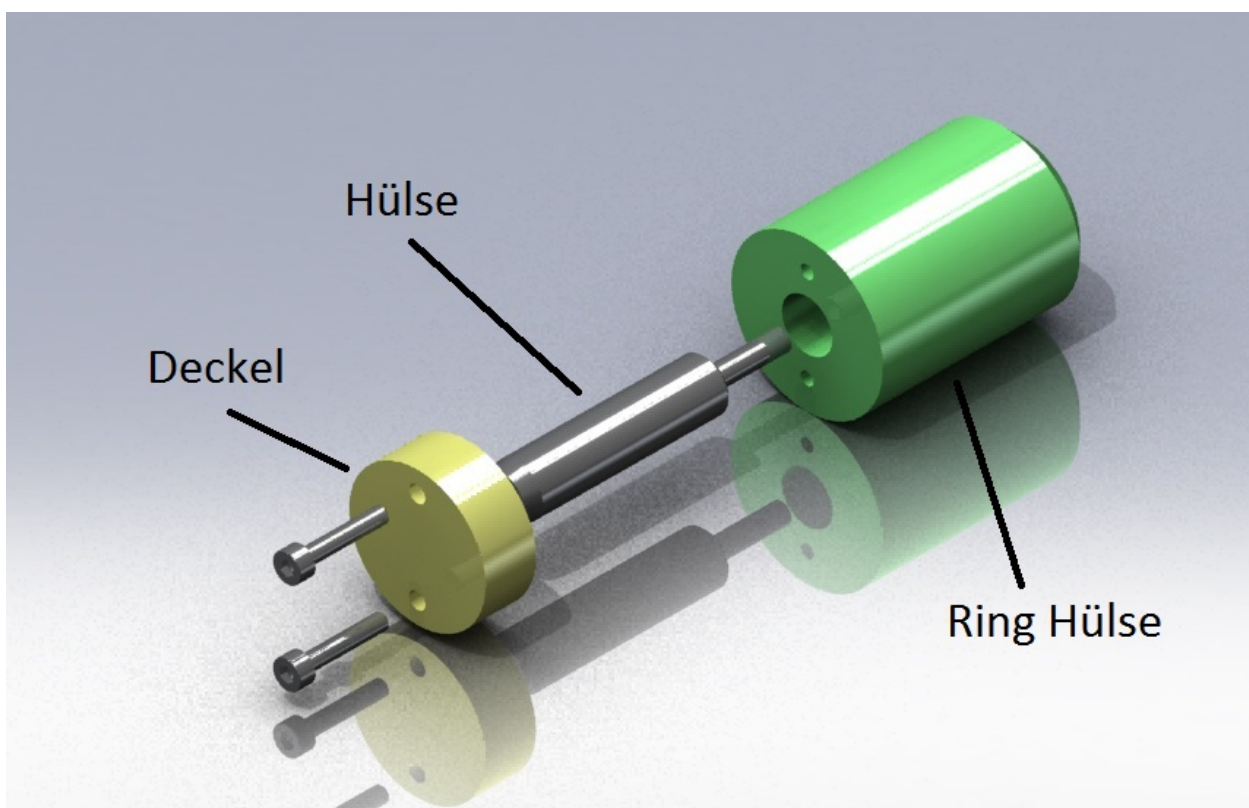


Abbildung 7.4

Montage der Fixierung-Hülse

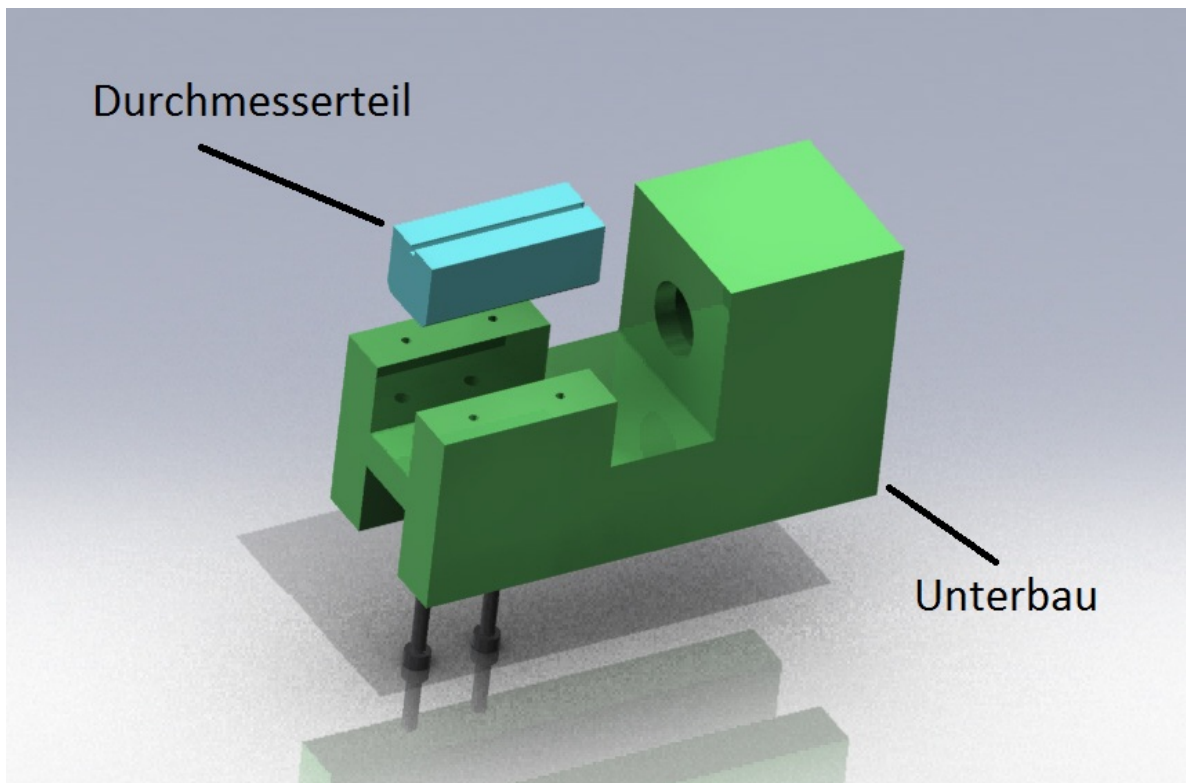
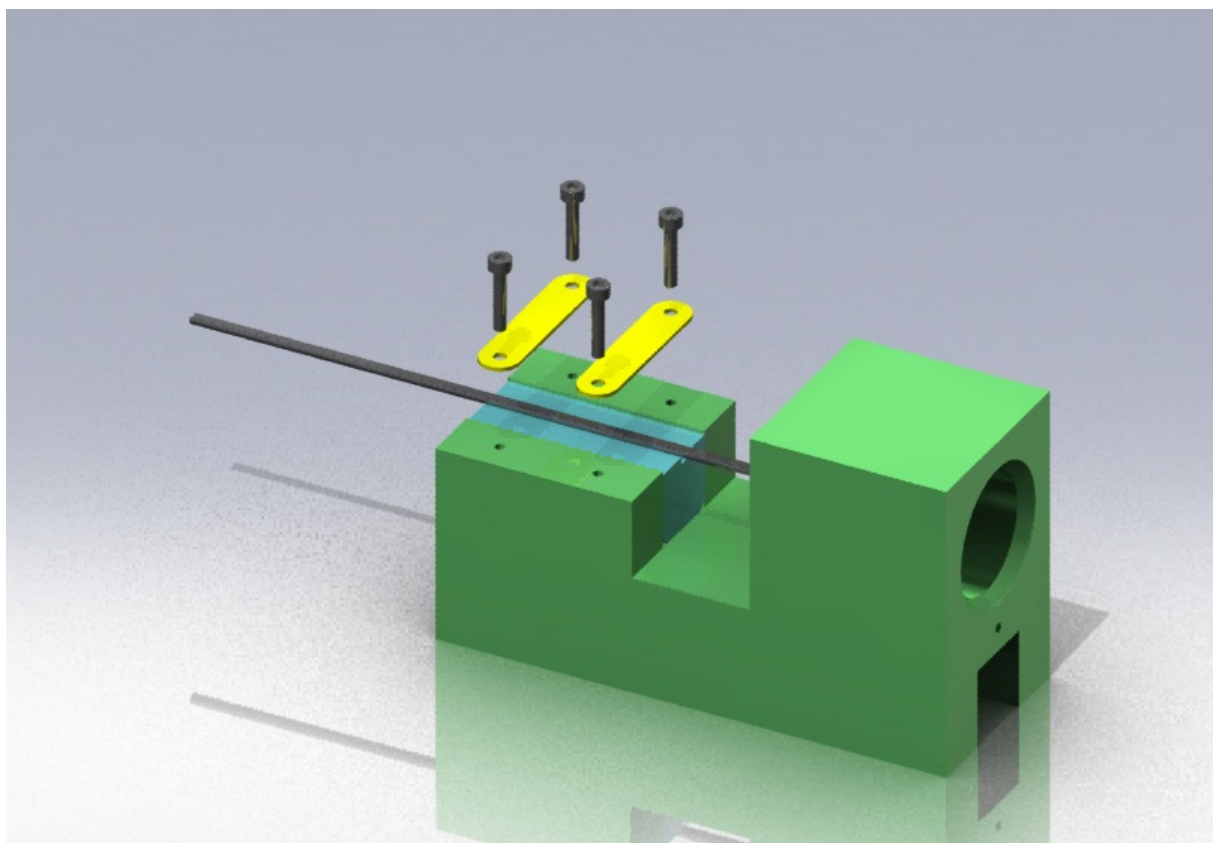
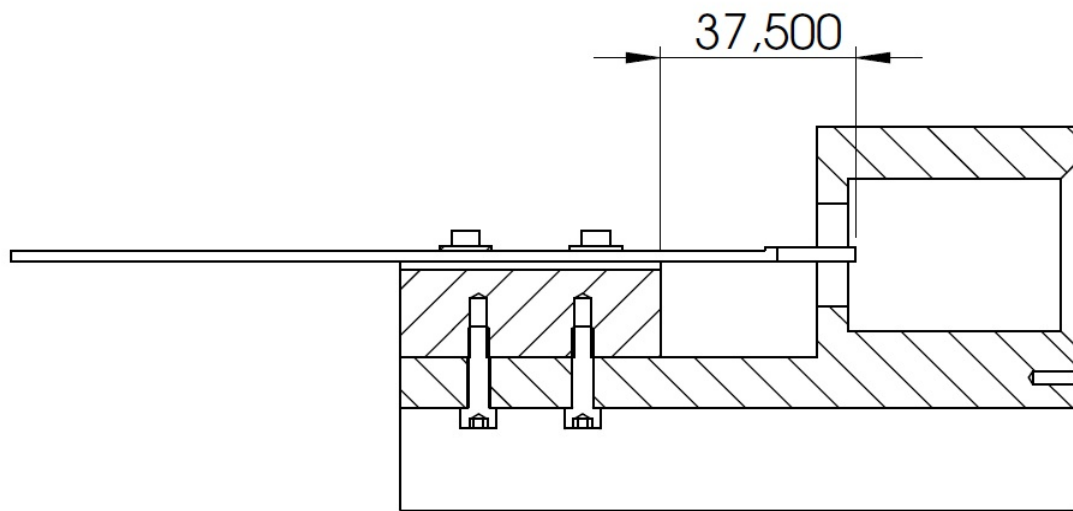


Abbildung 7.5 Montage des Durchmesserteils



a



b

Abbildung 7.6 Montage der Bohrer

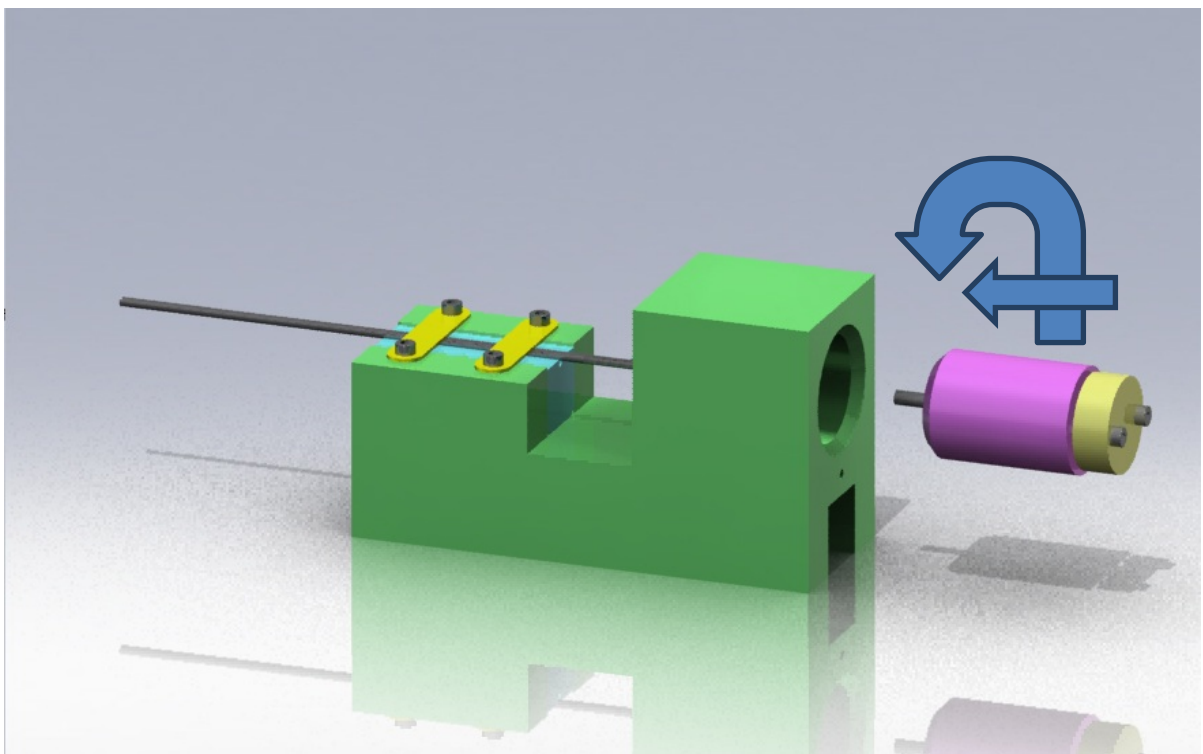


Abbildung 7.7 Montage des Fixierung Hülse im Unterbau

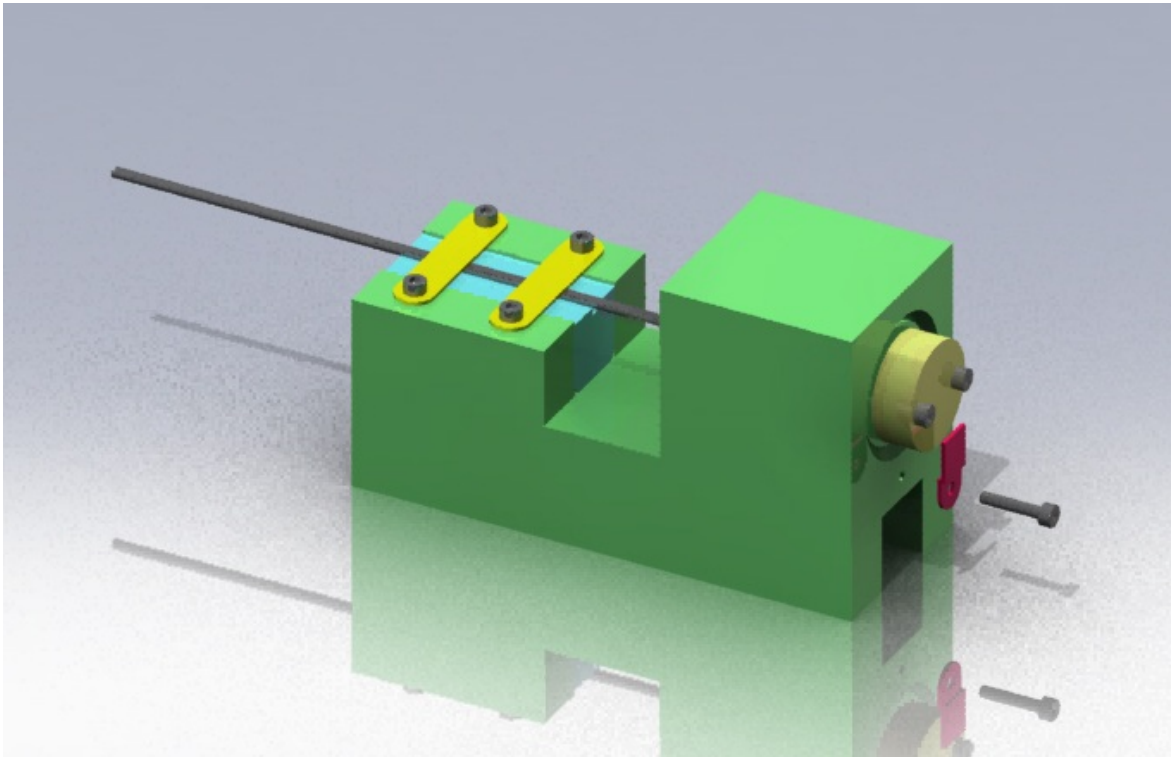


Abbildung 7.8 Endmontage

8 Herstellung des Prototyps

Die nächste Stufe im Designprozess nachdem die Konstruktion des Apparats und alle ihre Teile ist die Herstellung des Prototyps. Punkt in der alle Ideen. Die im Designprozess entwickelt haben, werden wirklich. Unten sind Fotos der Teile und der Gesamtheit.



a

b

c



d



e

Abbildung 8.1

a) Ring-Hülse b) Hülse

c) Deckel

d) und e) Fixierung Hülse

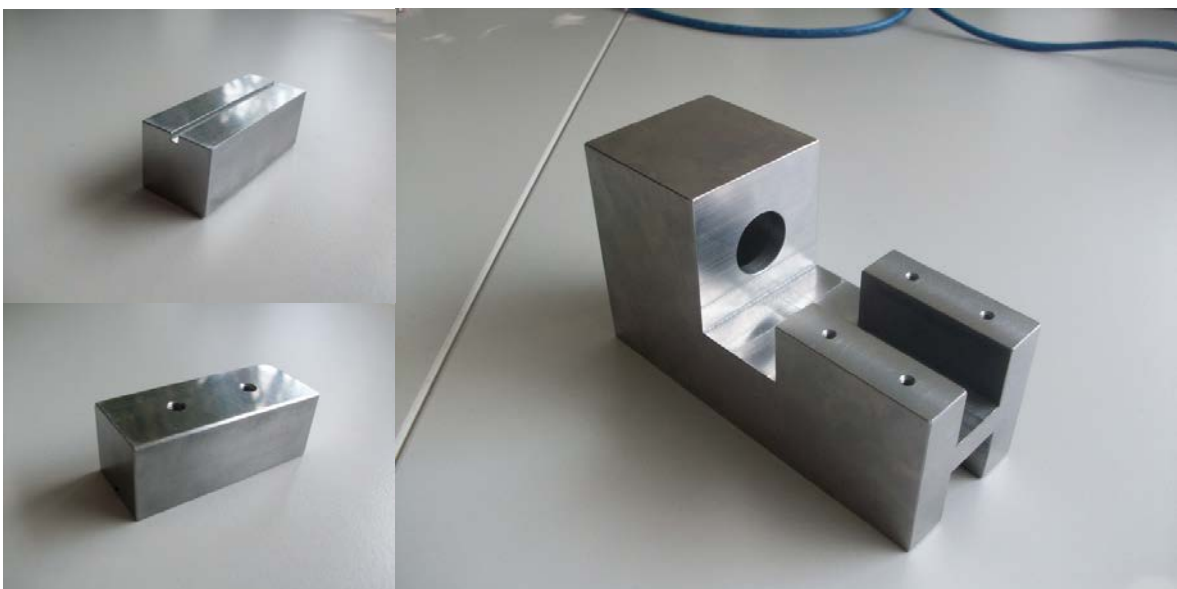
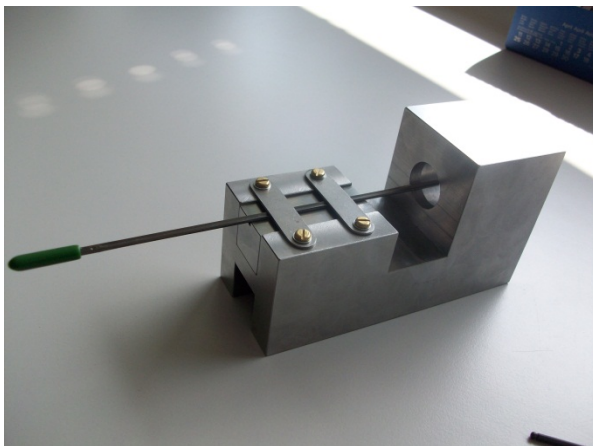
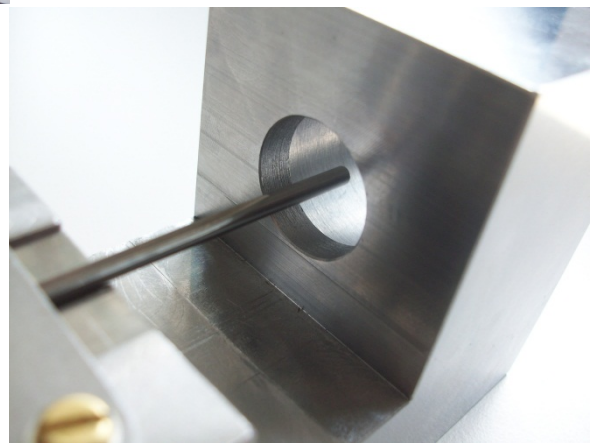


Abbildung 8.2

Durchmesserteil (l) Unterbau (r)



a



b

Abbildung 8.3 Einheit mit Bohrer a) Allgemein b) Detail

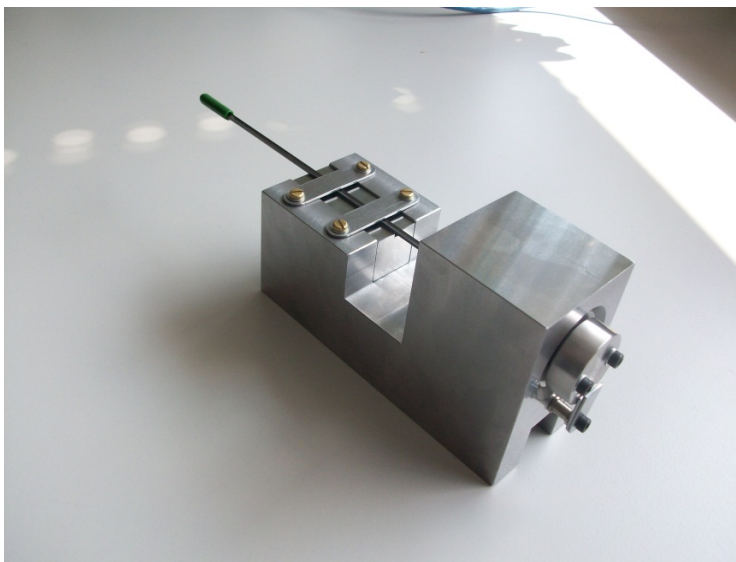


Abbildung 8.4 Endmontage

Danach die Herstellung des Prototyp, den es probiert ist, um alles funktioniert einwandfrei nachzuweisen. Also der Bohrer und die Hülse wird durch Azeton geputzt, und dann die Gesamtheit wird mit dem notwendigen Klebstoff montiert. Mit den in 7.2 beschriebenen Schritten. Und es wird im Ofen gelegt, mit den Aushärtung Bedingungen an den 6.1.2 angezeigt.



Abbildung 8.5 Ofen



Abbildung 8.6 Prototyp im Ofen

9 Zusammenfassung

Am Anfang dieses Projekts hat man das Ziel der Gestaltung ein Apparat, das dazu dienen würde, der Union zwischen einem Einlippentiefbohrer und seiner Hülse durch eine industrielle Klebstoff. Gleichzeitig sollte dieser Apparat ausreichend flexibel, um die Herstellung von verschiedenem Durchmesser von Einlippentiefbohren mit eine kleine Veränderung des Apparats zu ermöglichen. Berücksichtigung, die es notwendig, das Apparat in den Ofen für die Aushärtung des Klebstoffs werde.

Am Anfang war analysiert die problematische bestehende in das Design des Apparats. Bestimmung der vorhandenen Teilprobleme und auf der Suche nach individuellen Lösungen für jeden von ihnen, auf der Suche nach ihre vor- und Nachteile, einmal gab es alles, was diese Informationen gesammelt werden, um eine umfassende Lösung zu suchen.

Dann es war die Auswahl des Klebstoffs, Berücksichtigung der Kriterien wie Zeit- und Temperatúraushärtung. Daten, die später für die Realisierung der unsere thermische Simulation benötigt werden. Auch das Material mit dem Apparat, nach wirtschaftlichen Kriterien hergestellt wurde ausgewählt.

Dann wurde eine erste Konstruktion umfasst alle zuvor ausgewählten Lösungen, dies wurde von einem CAD-Programm modelliert, und mit diesem Modell ausführt man eine thermische Simulation durch ein FEM-Programm, um ein neue Konstruktion zu entwerfen, und um kleine Verformungen wie möglich kann zu erreichen.

Schließlich macht es die Union von dem ELB mit der Hülse durch die industriellen Klebstoff DELOMONOPOX 286.

Also, unter Berücksichtigung aller oben genannten kann man sagen, dass alle die Ziele reichen, die wir am Anfang dieses Projekts gesetzt hatten.

10 Literatur

- /1/ Altintas, Y.; Weck, M.: Chatter stability of metal cutting and grinding. In: CIRP Annals (2004) Heft 2, Seite 619-642
- /2/ Astanin, V. N.: Dynamics of Deep Drilling in Alloy Steel. In: Machines and Tooling 34 (1963), Nr. 11, Seite 27-29
- /3/ Augustesen, H. Ch. Und Moll, H.: Ejektorbohren auf NC-Drehmaschinen. Werkstatt und Betrieb 106 (1973) 11, Seite 841-861
- /4/ Bayly, P.-V.; Metzler, S.-A.; Schaut, A.-J.; Young, K.-A.: Theory of torsional chatter in twist drills: Model, stability analysis and composition to test. Transactions of the ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Band 123 (2001) Heft 4, Seite 552-561
- /5/ Bornträger, H.: Tiefbohren auf Bearbeitungszentren. VDI-Fachtagung Tiefbohren Stuttgart (1991), Seite 57-73
- /6/ Chin, J. H.; Lee, L.W.: A Study on the Tool Eigen properties of BTA Deep Hole Drill-Theory and Experiments. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Band 35 (1995) Heft 1, Seite 29-49
- /7/ Chin, J. H.; Lin, S.-A.: Dynamic Modeling and Analysis of deep-hole Drilling Process. International journal of modeling and simulation, Band 16 (1996) Heft 3, Seite 157-165
- /8/ Cronjäger, L.: Technologie des Tiefbohrens. Werkzeugmaschine international (1974) 5, Seite 11-16
- /9/ Dilley, D.-N.; Bayly, P.-V.; Whitehead, B.-T.; Calvert, S.-G.: An analytical study of the effect of process damping on reamer vibrations. Journal of Sound and Vibration, Band 280 (2005) Heft 3-5, Seite 997-1015
- /10/ Ehmann, C.; Alizadeh, A.; Nordmann, R.: Schwingungsdämpfung aktiv gelagerter Totoren mit robuster Regelung. SIRM, Schwingungen in rotierenden Maschinen, 6, (2003), Seite 41-50
- /11/ Eichler, R.: Prozeßsicherheit beim Einlippenbohren mit kleinsten Durchmessern. Dissertation, Universität Stuttgart, 1996
- /12/ Elbestawi, M.A.; Ismail, F.; Du, R.; Ullagaddi, B.C.: Modeling Machining Dynamics Including Damping in the Tool-Work piece Interface. Journal of Engineering for Industry, Transactions of the ASME, Band 116, (1994), Seite 435-439

-
- /13/ Enderle, K.D.; Reduzierung des Mittenverlaufs beim Einlippen-Tiefbohren durch Kühlmittelpulsation. Dissertation, Universität Stuttgart, 1994
- /14/ Endres, W.: Wärmespannungen beim Aufheizen dickwandiger Hohlzylinder. Brown-Bovery-Mitteilungen (1958) Seite 21-28
- /15/ Engler, H.: Tiefbohren auf konventionellen Werkzeugmaschinen. VDI-Fachtagung Tiefbohren, Stuttgart (1991), Seite 27-55
- /16/ Fuß, H.: Aspekte zur Beeinflussung der Bohrungsqualität beim BTA-Bohren. Dissertation, Dortmund 1986
- /17/ Greuner, B.: Beitrag zur Frage der Kräfte an Scheide und Führungsleisten an einschneidigen hartmetallbestückten Tiefbohrwerkzeugen. Dissertation, TU Hannover, 1990
- /18/ Griffiths, B.J. u.a.: Tiefbohren als Präzisionsverfahren. Fachtagung „Herstellen von Präzisionsbohrungen“ (1981), Stuttgart, Seite C1-C29
- /19/ Gupta, K.; Ozdoganlar, O.-B.; Kapoor, S.-G.; DeVor, R.-E.: Modeling and prediction of hole profile in drilling, part 1: Modeling drill dynamics in the presence of drill alignment errors. Transactions of the ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Band 125 (2003) Heft 1, Seite 6-13
- /20/ Gupta, K.; Ozdoganlar, O.-B.; Kapoor, S.-G.; DeVorm R.-E.: Modeling and prediction of hole profile in drilling, part 2: Modeling hole profile. Transactions of the ASME, Journal of Manufacturing Science and Engineering, Band 125 (2003) Heft 1, Seite 14-20
- /21/ Hauger, R.: Untersuchung des Stabilitätsverhaltens von Einlippenbohrwerkzeugen. Dissertation, Universität Stuttgart, 1992
- /22/ Heisel, U.; Enderle, K.: Mittenverlaufbeeinflussen mit Druckpulsationen beim Einlippen-Riefbohren. Maschinenmarkt Würzburg, 97 (1991) 23 Seite 46-51
- /23/ Heisel, U.; Enderle, K.: Stand der Technik beim Tiefbohren. VDI-Fachtagung Tiefbohren Stuttgart (1991), Seite 1-10
- /24/ Heisel, U.: Technologie beim Bohren kleinster Durchmesser, Stuttgart. Universität Stuttgart, 1992
- /25/ Hoffmeister, H.-W.; Glaser J.-D.: In-Prozess-Analyse beim Einlippenbohren von Nickelbasislegierungen. MM – Maschinenmarkt. Das IndustrieMagazin (2008) Heft 26, Seite 78-82

- /26/ Hoffmeister, H.-W.; Glaser J.-D.: Laser-Scanning-Vibrometer misst kritische Größen beim Einlippenbohren. MM – Maschinenmarkt. Das IndustrieMagazin (2008) Heft 22, Seite 54-56,58-59
- /27/ <http://www.tiefbohrlexikon.de>
- /28/ Kals, H. J. J.: Die Dämpfung im Zerspanungsprozess. Fertigung, Band 5, Seite 165-172, 1971
- /29/ Kersting, M.: Entwicklung und Anwendung eines adaptiven Schwingungsdämpfers für das Einlippentiefbohren. Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2009
- /30/ Koster, A.: Die Tiefbohrverfahren – interessant für einen immer größeren Anwendungsbereich. dima 9, Heft 49, 1987, Seite 49-54
- /31/ Kress, D.: Reiben mit hohen Schnittgeschwindigkeiten. Fachbuchreihe Werkzeugmaschine international, Bd. 4, Vogel-Verlag, Würzburg, 1975
- /32/ Kronenberg, F.: Grundzüge der Zerspanungslehre, Band 2, Springer-Verlag Göttingen, Heidelberg 1963
- /33/ Lazoglu, I.; Atabey, F.; Altintas, Y.: Dynamics of boring processes: Part III-time domain modeling. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Band 42 (2002) Heft 14, Seite 1567-1576
- /34/ Lee, D.-Y.; Tarn, Y. S.; Ma, S. C.: Modeling of the Process Damping Force in Chatter Vibration. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Band 35(7), Seite 951-962, 1995
- /35/ Löbbe, H.: Tiefbohren auf Bearbeitungszentren. Dissertation, Universität Dortmund, 2003
- /36/ Michelitsch, T.: Fertigungsgerechtes Optimieren von Temperierbohrungssystemen. In: Begleitband zum Fachgespräch Innovative Prozesse im Werkzeug- und Formenbau, 14./15.3.2007, Dortmund, ISBN 978-3-9808718-2-2, Seite 131-149
- /37/ N. N.: Einlippenbohrer. Produktionformation der Firma botek, Riederich, 2005
- /38/ N. N.: Tiefbohrwerkzeuge, Zubehör, Schleifmaschinen. Firmenschrift der Firma TBT Tiefbohrtechnik GmbH & Co, Dettingen a. d. Ems, 2003
- /39/ N. N.: Acticut – Lathe Active Vibration Control, Active Control AB, 2002, www.active.se.
- /40/ Noaker, P. M.: Gundrills at the cutting edge. Manufacturing Engineering, Band 104, Milwaukee, 1990, Seite 56-59

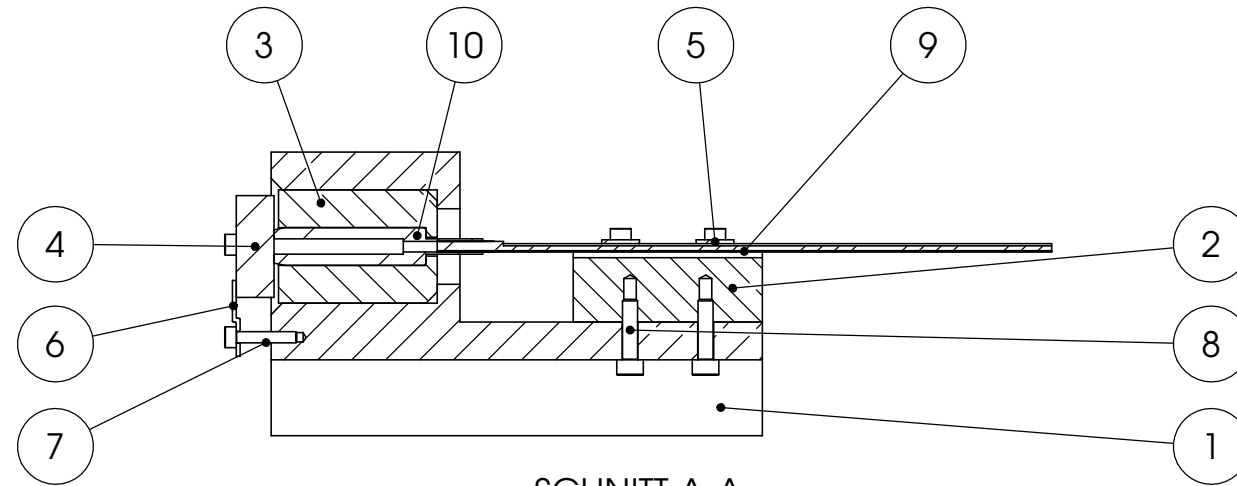
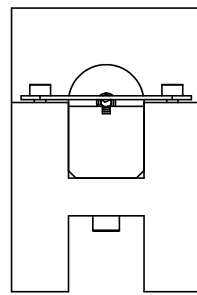
-
- /41/ Pfléghar, F.: Verbesserung der Bohrungsqualität beim Arbeiten mit Einlippen-Tiefbohrwerkzeugen. Technischer Verlag Günter Grossmann GmbH, Stuttgart-Vaihingen, 1976
- /42/ Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.H.: Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung- Methoden und Anwendung. Springer. 5. Auflage. Berlin 2002. Seite 367-378
- /43/ Rincon D.-M.; Galip-Ulsoy, A; Kaftanoglu, B: Effects of drill vibrations on cutting forces and torque, CIRP Annals, Band 43/1 (1994), Seite 59-62
- /44/ Sakuma, S.; Taguchi, G.; Hata, A.: Untersuchung über die Schnittkräfte beim Einlippentiefbohren. In: Bull. Of the Japan Society of Manufacturing Engineering, Band 11 (1968), Nr.3, Seite 37-40
- /45/ Salm, M.; Endres, W.: Anfahren und Laständerung von Dampfturbinen. Brown-Boveri-Mitteilungen (1958), Seite 339-347
- /46/ Steinbeiss, H; So, H.; Michelitsch, T.; Hoffmann, H.: Method for optimizing the cooling desingn of hot stamping tools. Production Engineering. Research and Development (Online), Band 1 (2007) Heft 2, Seite 149-155
- /47/ Streicher, P.: Tiefbohren der Metalle. Vogel-Verlag, Würzburg, 1975
- /48/ Tarng, Y. S.; Young H. T.; Lee, B. Y.: An analytical Model of Chatter Vibration in Metal Cutting. International Journal of Machine Tools Manufacture, Band 34 (2), Seite 183-197, 1994
- /49/ Tlusty, J.: Analysis of the State of Research in Cutting Dynamics. Annals of the CIRP, Band 27(2), Seite 583-589, 1978
- /50/ Tlusty, J.; Heczko, O.: Improving Test of Damping in the Cutting Processes. Seite 372-376. SME, 1980
- /51/ Tuffentsammer, K.: Präzisionsschneidwerkzeuge. Die Herstellung und Bearbeitung zylindrischer Innenflächen. TZ für Metallbearbeitung 75 (1981) 3, Seite 35-42
- /52/ Tuffentsammer, K.: Die Bearbeitung zylindrischer Innenflächen an stillstehenden Werkstücken. TZ für Metallbearbeitung, 70 (1976) 9, Seite 252-260
- /53/ VDI-Richtlinie 3208 – Richtwerte für das Tiefbohren mit Einlippenbohrern, Berlin, Beuth-Verlag, 1996
- /54/ VDI- Richtlinie 3209 – Tiefbohren mit äußerer Zuführung des Kühlschmierstoffes (BTA- und ähnliche Verfahren), Berlin, Beuth-Verlag, 1999
- /55/ VDI- Richtlinie 3210 – Tiefbohrverfahren, Berlin, Beuth-Verlag, 2006

-
- /56/ Webber, O.: Untersuchungen zur bohrtiefenabhängigen Prozessdynamik beim BTA-Tiefbohren, Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2007
- /57/ Wittkop, S.: Einlippentiefbohren nichtrostender Stähle. Dissertation, Technische Universität Dortmund, 2007
- /58/ Wu, D. W.: A New Approach of Formulating the Transfer Function for Dynamic Cutting Processes. Transaction of the ASME, Journal of Engineering for Industry, Band 111, Seite 37-47, 1989
- /59/ Wu, D. W.; Liu, C. R.: An analytical Model of Cutting Dynamics. Part 1: Model Building. Transactions fo the ASME, Journal of Engineering for industry, Band 107, Seite 107-111, 1985
- /60/ Yand, J.-A.; Jaganathan, V.; Du, R.: A new dynamic model for drilling and reaming processes. International Journal of Machine Tools and Manufacture, Band 42 (2002) Heft 2, Seite 299-311

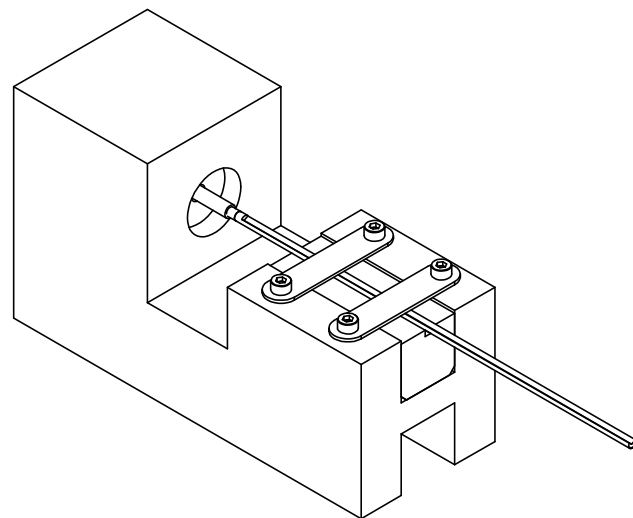
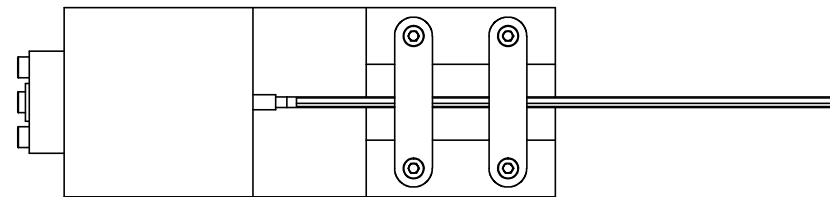
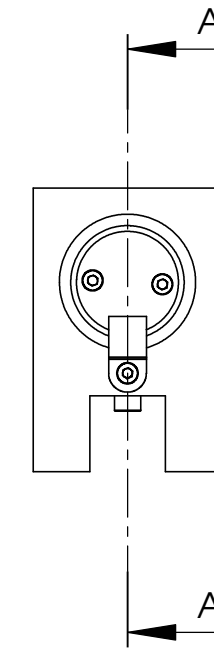
11 Anhang

Pos.	Menge	Benennung	Sachnr./Norm-Kurzbezeichnung	Werkstoff
1	1	Unterbau	(Selbst fertigen)	Stahl
2	1	Durchmesserteil	(Selbst fertigen)	Stahl
3	1	Ring-Hülse	(Selbst fertigen)	Stahl
4	1	Deckel	(Selbst fertigen)	Stahl
5	2	Fixierung-Bohrer	(Selbst fertigen)	Stahl
6	1	Kleines Blech	(Selbst fertigen)	Stahl
7	7	Schraube	ISO 4762 M3 x 16	Stahl
8	2	Schraube	ISO 4762 M4 x 16	Stahl
Student: Cano, David Betreuer: Jakob, Philipp				
			Benennung: Einzelteile der Konstruktion	
			Zeichnungsnummer: 1	Blatt 1/1
			Matr. Nr. 2711685	

Tabelle 11.1 Stückliste



SCHNITT A-A



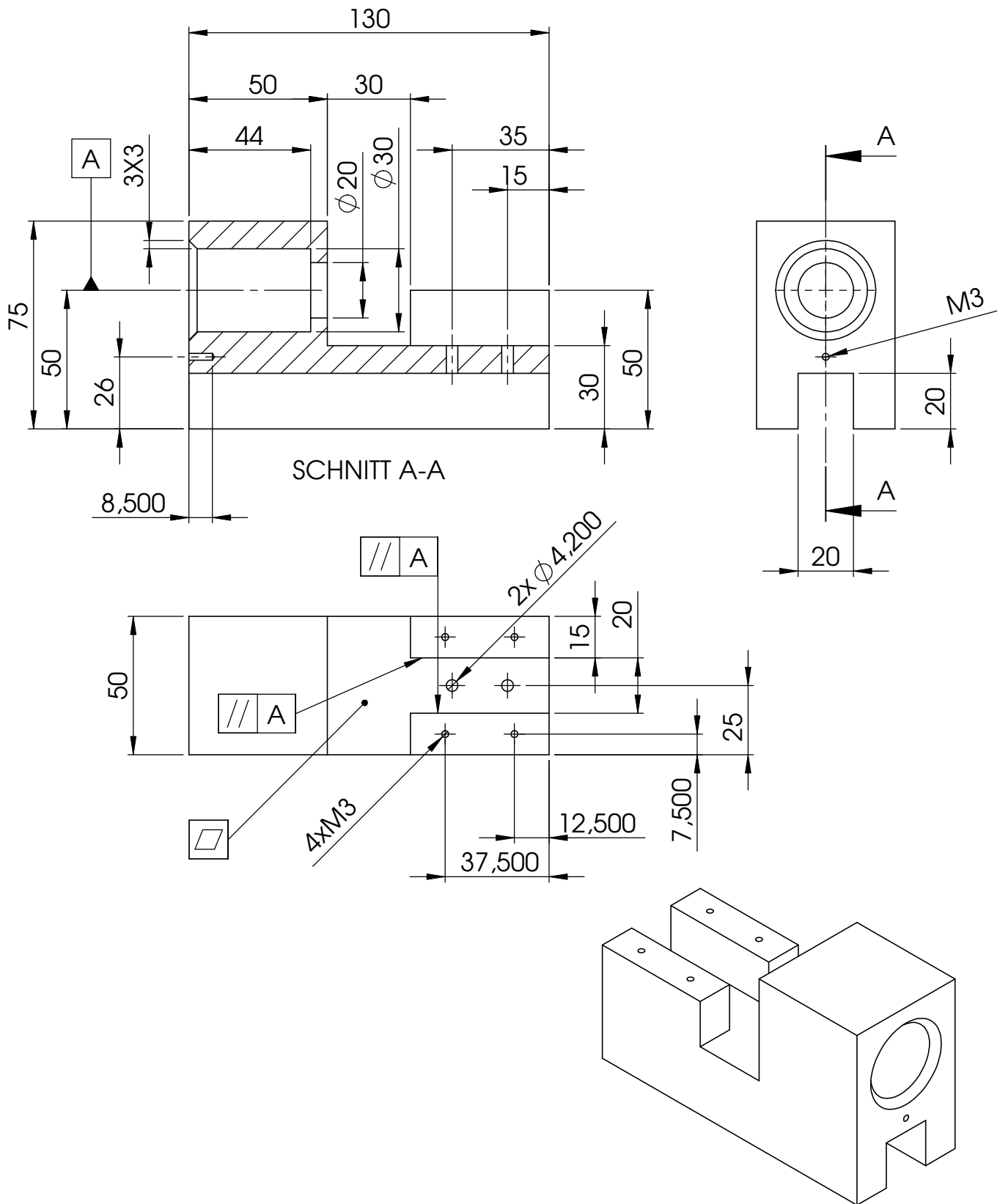
ELEMENT	TEIL	ANZAHL
1	Unterbau	1
2	Durchmesserteil	1
3	Ringhülse	1
4	Deckel	1
5	Fixierung Bohrer	2
6	Fixierung Hülse	1
7	ISO 4762 M3 x 16 -- 16N	7
8	ISO 4762 M4 x 16 -- 16N	2
9	Einlippenbohrer	1
10	Hülse	1


ZEICHNUNGSNUMMER: 2	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
---------------------	----------	-------------	---------------

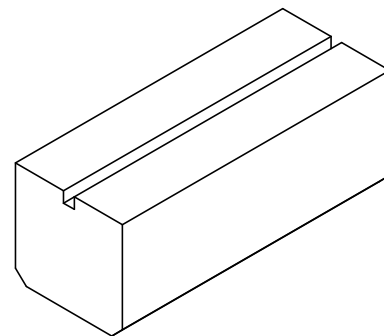
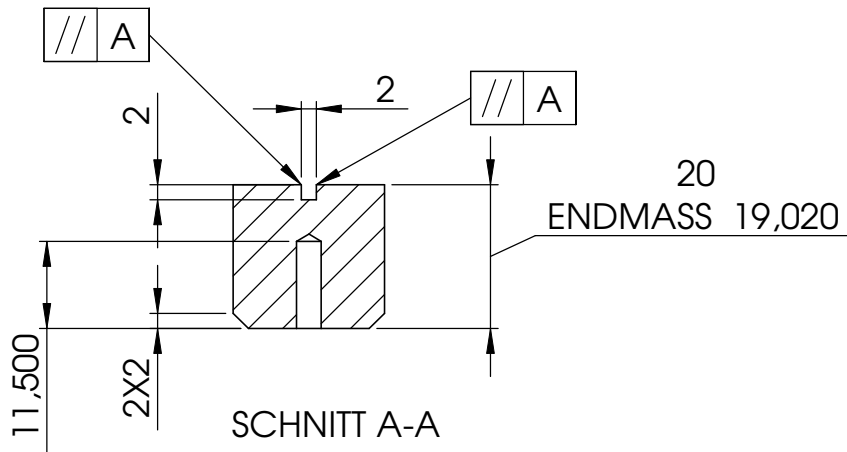
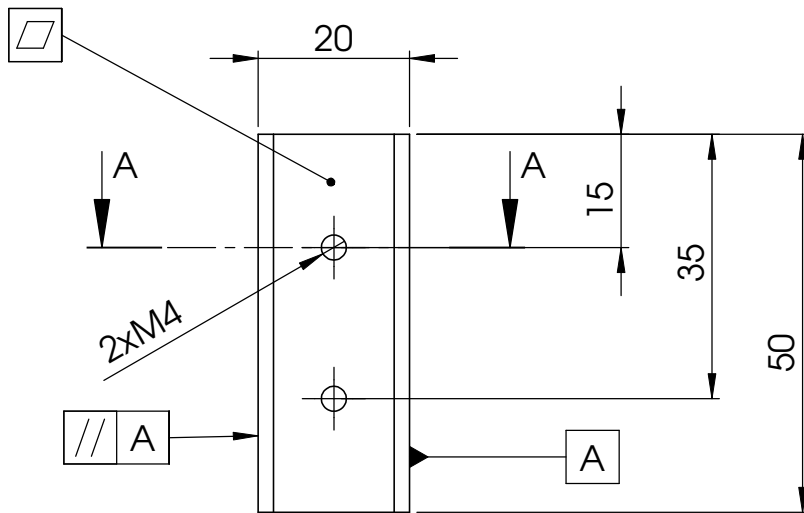
MATERIAL:	SKALE: 1:2	DATUM: 24/05/2012	A3
-----------	------------	-------------------	----


AUTOR: DAVID CANO	BENNENUNG: GESAMTHEIT
-------------------	-----------------------

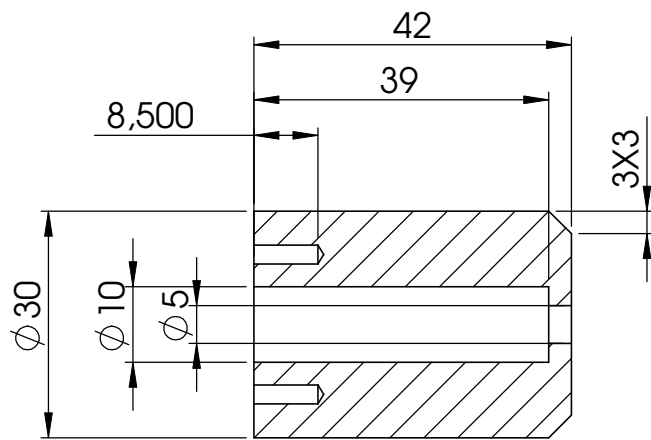
TITEL: FÜGE APPARAT	
----------------------------	---



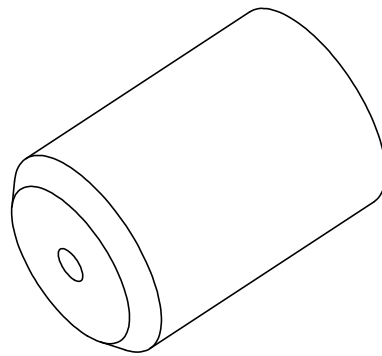
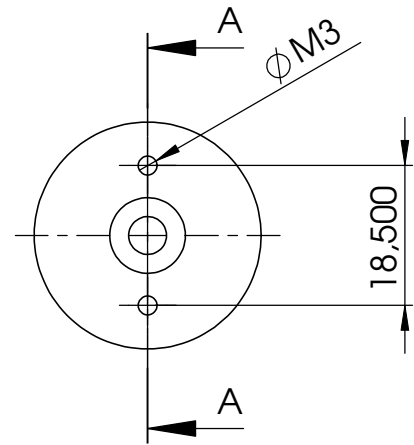
ZEICHNUNGSNUMMER: 3	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 1:2	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: UNTERBAU	
TITEL: FÜGE APPARAT			



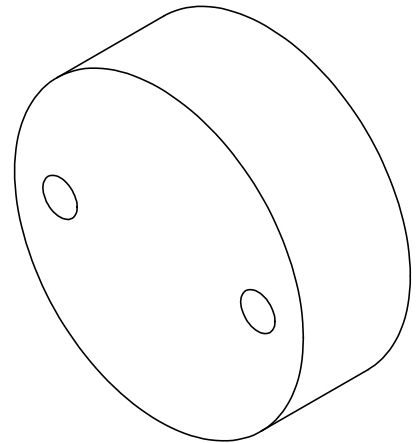
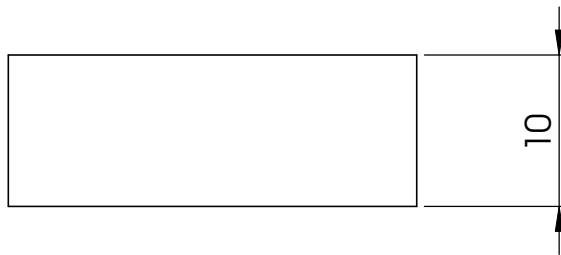
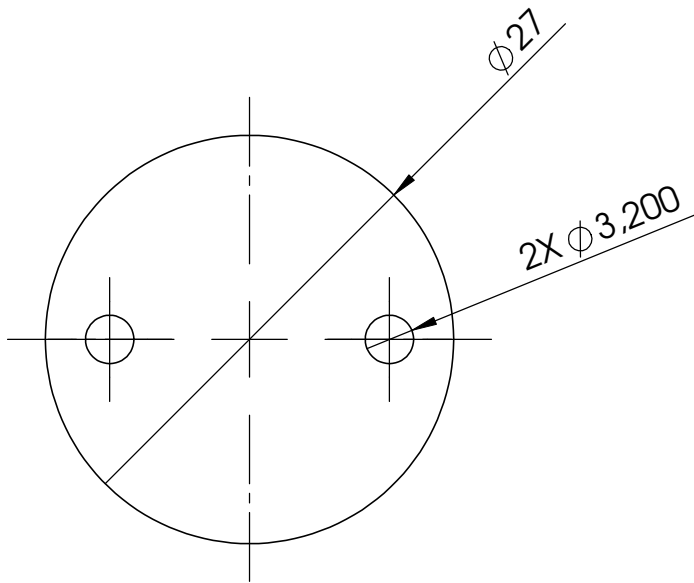
ZEICHNUNGSNUMMER: 4	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 1:1	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: DURCHMESSERTEIL	
TITEL: FÜGE APPARAT			




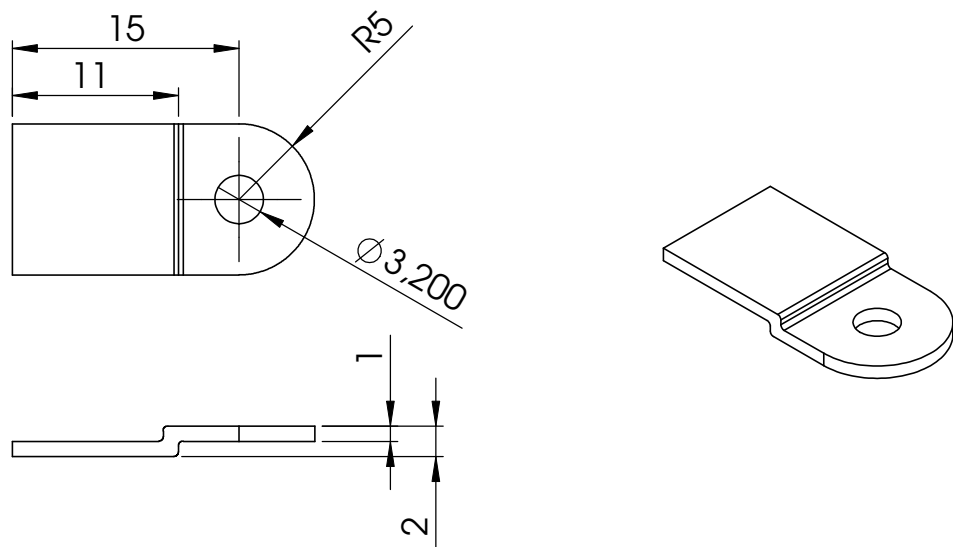
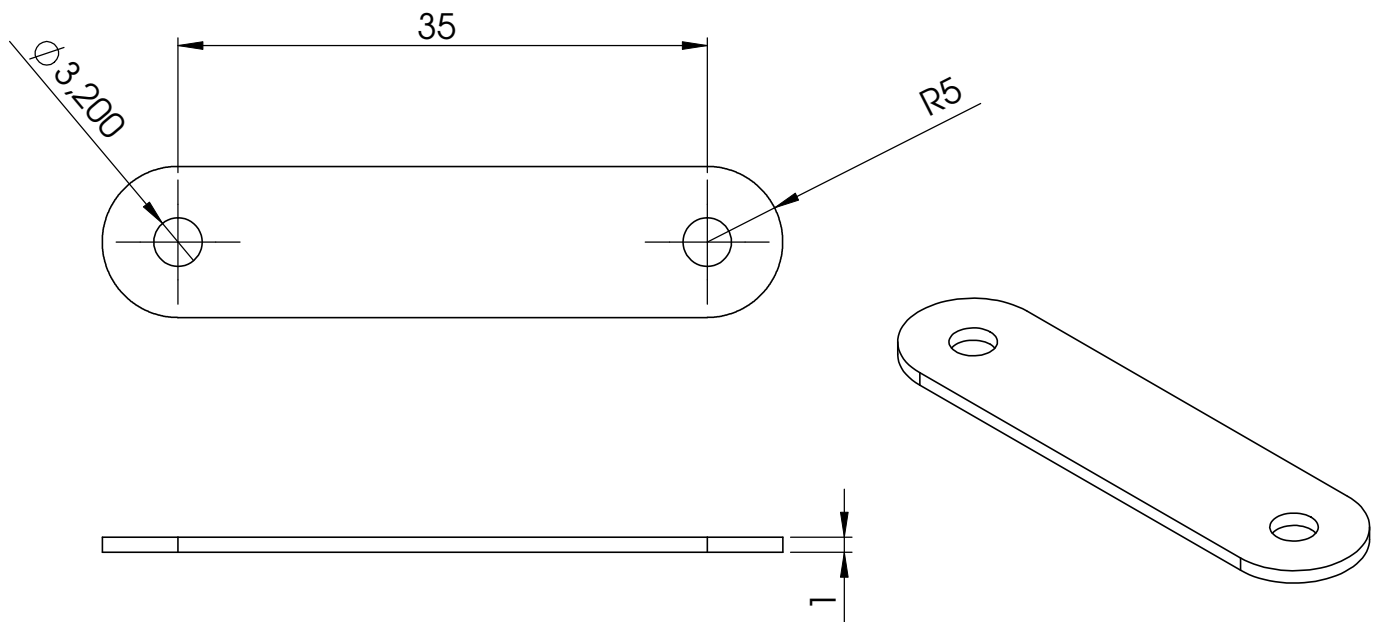
SCHNITT A-A




ZEICHNUNGSNUMMER: 5	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 1:1	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: RING HÜLSE	
TITEL: FÜGE APPARAT			



ZEICHNUNGSNUMMER: 6	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 2:1	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: DECKEL	
TITEL: FÜGE APPARAT			



ZEICHNUNGSNUMMER: 7	GEWICHT:	EINHEIT: mm	BLATT 1 VON 1
MATERIAL: STAHL	SKALE: 2:1	DATUM: 24/05/2012	A4
AUTOR: DAVID CANO		BENENNUNG: FIXIERUNG BOHRER UND HÜLSE	
TITEL: FÜGE APPARAT			

DELOMONOPOX® AD286

warmhärtend, Konstruktionsklebstoff

Basis

- Epoxidharz, Konstruktionsklebstoff
- einkomponentig, warmhärtend, gefüllt, thixotrop

Verwendung

- für Verklebungen von allen Metallen, temperaturbeständigen Kunststoffen, Ferrit, Keramik
- besonders für hochfeste, zähnharte Verbindungen mit sehr hoher statischer sowie dynamischer Belastbarkeit, auch bei hohen Temperaturen
- das Produkt wird üblicherweise im Temperaturbereich von -55 °C bis +200 °C eingesetzt; anwendungsbezogen können andere Grenzen sinnvoll sein
- konform zu RoHS Direktive 2002/95/EC

Verarbeitung

- das Produkt ist im Anlieferungszustand gebrauchsfertig, bei Kühlungslagerung ist darauf zu achten, dass das Gebinde vor dem Einsatz auf Raumtemperatur konditioniert ist
- die Konditionierung der Gebinde erfolgt bei Raumtemperatur (max. 25 °C); die Konditionierungszeit beträgt ca. 3 h für ein Gebindevolumen von 310 ml; ca. 6 h für Gebinde bis 1.000 ml; eine zusätzlich Wärmezufuhr ist nicht zulässig
- zu verklebende Oberflächen sollen trocken, staub- und fettfrei sowie frei von anderen Verunreinigungen sein
- der Klebstoff lässt sich aus dem Originalgebinde oder mit DELO-Dosiergeräten sehr gut verarbeiten
- zur Klebflächenreinigung DELOTHEN-Reiniger verwenden
- durch Sandstrahlen, Schleifen oder Beizen kann eine Verbesserung der Klebstoffhaftung am Werkstück erreicht werden

Aushärtung

- erfolgt bei Temperaturen zwischen +130 und +180 °C am Klebstoff
- zur Aufheizung der Bauteile können auch höhere Temperaturen angewendet werden
- die Aufheizzeit der Bauteile muss zur eigentlichen Aushärtungszeit hinzugezählt werden
- die zur Aushärtung des Klebstoffs geforderte Temperatur muss direkt in der Klebschicht vorliegen
- in Abhängigkeit der eingesetzten Klebstoffmenge entsteht exotherme Reaktionswärme, die ggf. zur Überhitzung führen kann; in diesen Fällen ist die Aushärtungstemperatur entsprechend niedriger anzusetzen
- höhere Temperaturen verkürzen, niedrigere Temperaturen verlängern den Aushärtungsprozess und ändern ggf. die Eigenschaften des ausgehärteten Produkts
- die Aushärtezeiten des Klebstoffes bei den empfohlenen Aushärtetemperaturen können den technischen Daten entnommen werden

Technische Daten

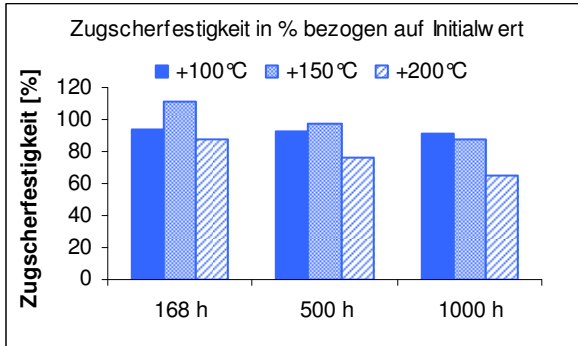
Farbe	silbergrau
Füllstoff	Aluminiumpulver
Dichte [g/cm ³] DELO-Norm 13 bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	1,43
Viskosität [mPas] bei 23 °C, Brookfield Sp/U 7/5	310000
Viskosität [mPas] bei 23 °C, Rheometer, Scherrate 10 1/s	110000
Aushärtungszeit Umluftofen [min] bei +130 °C	75
Aushärtungszeit Umluftofen [min] bei +150 °C	40
Aushärtungszeit Umluftofen [min] bei +180 °C	15
Zugscherfestigkeit Al/Al DELO-Norm 39, sandgestrahlt Fügeteildicke: 6 mm nach 40 min bei +150 °C	57
Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt, Fügeteildicke 1,6 mm, Spalt 0,2 mm, Aushärtung: 40 min bei +150 °C	33
Druckscherfestigkeit Al/Al [MPa] DELO-Norm 5 Aushärtung: 40 min bei +150 °C	52
Zugfestigkeit [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	64
Reißdehnung [%] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	2,8
E-Modul [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	3800
Shore Härte D In Anlehnung an DIN EN ISO 868 nach 40 min bei +150 °C	80
Zersetzungstemperatur [°C] DELO-Norm 36	290
Glasübergangstemperatur [°C] DMTA, 3 Punkt Biegung	130
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, DELO-Norm 26 im Temperaturbereich: +35 °C bis +100 °C	61

Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, DELO-Norm 26 im Temperaturbereich: +120 °C bis +180 °C	187
Schrumpf [Vol. %] DELO-Norm 13	2,5
Wasseraufnahme [Gew. %] in Anlehnung an DIN EN ISO 62 nach 40 min bei +150 °C	0,18
Spezifischer Durchgangswiderstand VDE 0303, Teil 3 Prüfkörper: Durchmesser 120 mm, Schichtdicke 2 mm	>1xE13
Oberflächenwiderstand VDE 0303, Teil 3 Prüfkörper: Durchmesser 50 mm, Schichtdicke 5 mm	1,35xE14
Kriechstromfestigkeit CTI VDE 0303, Teil 3 Prüfkörper: Durchmesser 50 mm, Schichtdicke 5 mm	300 M
Lagerstabilität bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) im ungeöffneten Originalgebinde	4 Wochen
Lagerstabilität bei 0 °C bis +10 °C im ungeöffneten Originalgebinde	6 Monate

Verhalten unter Temperatureinfluss

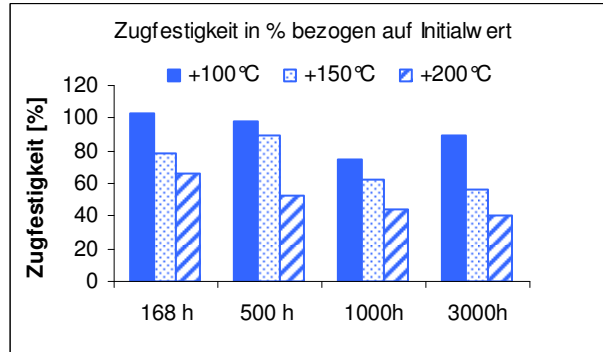
Zugscherfestigkeit Al/Al

nach Temperaturalterung
in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt,
Fügeteildicke 1,6 mm, Spalt 0,2 mm,
Aushärtung: 40 min bei +150 °C
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



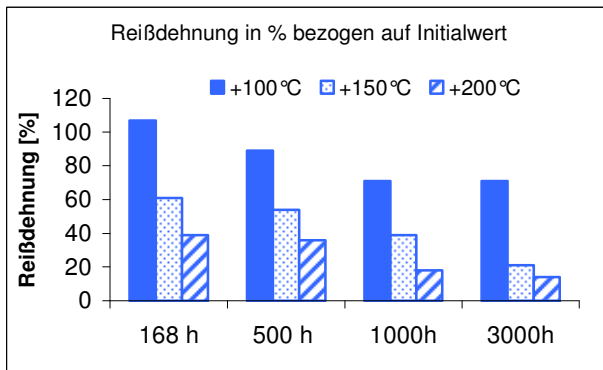
Zugfestigkeit

nach Temperaturalterung
in Anlehnung an DIN EN ISO527
Schichtdicke: 2 mm
Aushärtung: 40 min bei +150 °C
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



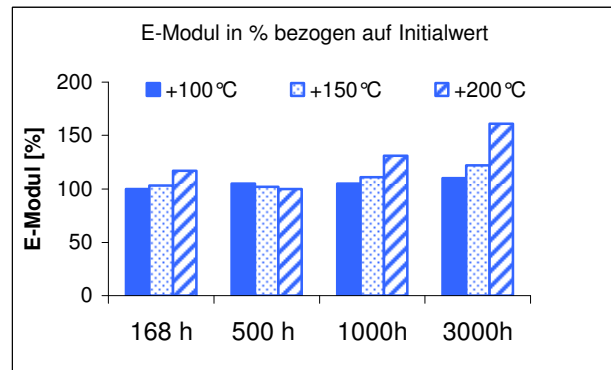
Reißdehnung

nach Temperaturalterung
in Anlehnung an DIN EN ISO527
Schichtdicke: 2 mm
Aushärtung: 40 min bei +150 °C
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



E-Modul

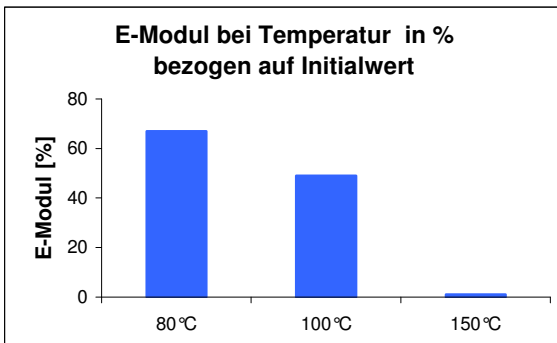
nach Temperaturalterung
in Anlehnung an DIN EN ISO527
Schichtdicke: 2 mm
Aushärtung: 40 min bei +150 °C
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



Verhalten unter Temperatureinfluss

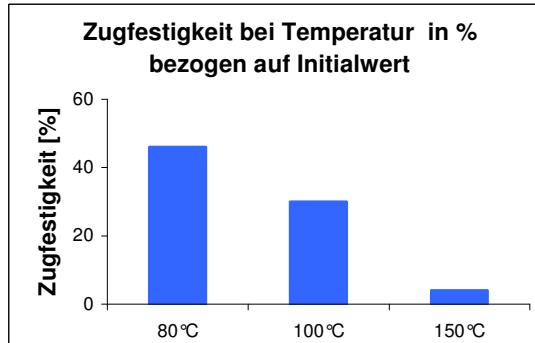
E-Modul

bei Temperatur
nach DIN EN ISO 527
Schulterstäbe 1B, 2mm
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



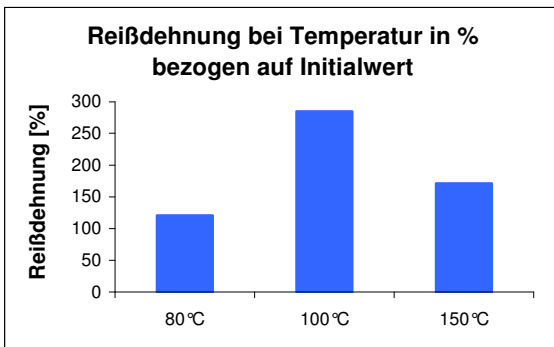
Zugfestigkeit

bei Temperatur
nach DIN EN ISO 527
Schulterstäbe 1B, 2mm
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



Reißdehnung

bei Temperatur
in nach DIN EN ISO 527
Schulterstäbe 1B, 2mm
gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)



Verhalten unter Medieneinfluss

Medium	Druckscherfestigkeit Al/Al nach 100 h[%]	Druckscherfestigkeit Al/Al nach 500 h[%]	Druckscherfestigkeit Al/Al nach 1000 h[%]
Aceton	100	87	41
Ethanol vergällt	100	90	61
Essigsäure (10%)	90	72	40
Schwefelsäure (10%)	74	34	20
ATF Getriebeöl	85	85	75
Benzin	81	80	72
Diesel	83	82	80
Motorenöl 10W40	96	95	95
demineralisiertes Wasser / Glykol Gemisch 50:50	87	86	80
Bremsflüssigkeit	95	87	86

Hinweise und Ratschläge

Allgemeines

Die angegebenen Daten und Informationen beruhen auf Untersuchungen unter Laborbedingungen. Verlässliche Aussagen über das Verhalten des Produktes unter Praxisbedingungen und dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck können hieraus nicht getroffen werden.

Viele Produkteigenschaften sind temperaturabhängig und können sich insbesondere bei hohen Temperaturen dauerhaft verändern. Die Eignung des Produktes für den vorgesehenen Verwendungszweck und Temperaturbereich ist unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen jeweils vom Anwender selbst zu testen. Die Art und die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften der mit dem Produkt zu verarbeitenden Materialien sowie die während Transport, Lagerung, Verarbeitung und Verwendung konkret auftretenden Einflüsse können Abweichungen des Verhaltens des Produktes im Vergleich zu seinem Verhalten unter Laborbedingungen verursachen. Die angegebenen Daten sind typische Mittelwerte oder einmalig ermittelte Kennwerte, die unter Laborbedingungen gemessen wurden.

Die angegebenen Daten und Informationen stellen deshalb keine Garantie oder Zusicherung bestimmter Produkteigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Verwendungszweck dar. Bei diesem Produkt handelt es sich um ein Versuchsprodukt. Modifikationen sind daher vorbehalten.

Gebrauchsanweisung

Die Gebrauchsanweisung zu DELOMONOPOX finden Sie im Internet unter www.DELO.de. Auf Wunsch senden wir Ihnen die Gebrauchsanweisung auch gerne zu.

Arbeits- und Gesundheitsschutz

siehe Sicherheitsdatenblatt

Spezifikation

siehe QS-Prüfprotokoll

DELO

Technische Information

DELOMONOPOX® AD295

warmhärtend, Konstruktionsklebstoff

Basis

- Epoxidharz, Konstruktionsklebstoff
- einkomponentig, warmhärtend, gefüllt

Verwendung

- für Verklebungen von allen Metallen, temperaturbeständigen Kunststoffen, Ferrit, Keramik
- besonders für hochfeste, zähnharte Verbindungen mit sehr hoher statischer sowie dynamischer Belastbarkeit, auch bei hohen Temperaturen
- gutes Fließverhalten
- hervorragende chemische Beständigkeit
- sehr hohe Temperaturfestigkeit
- das Produkt wird üblicherweise im Temperaturbereich von -40 °C bis +200 °C eingesetzt; anwendungsbezogen können andere Grenzen sinnvoll sein
- erfüllt die Anforderungen des Thermo-Vakuum-Ausgasungstests für die Auswahl von Raumfahrtmaterialien nach ECSS Q-70-02
- konform zu RoHS Direktive 2002/95/EC

Verarbeitung

- zur Aufheizung der Bauteile können auch höhere Temperaturen angewendet werden
- die Aufheizzeit der Bauteile muss zur eigentlichen Aushärtungszeit hinzugezählt werden
- die zur Aushärtung des Klebstoffs geforderte Temperatur muss direkt in der Klebschicht vorliegen
- in Abhängigkeit der eingesetzten Klebstoffmenge entsteht exotherme Reaktionswärme, die ggf. zur Überhitzung führen kann; in diesen Fällen ist die Aushärtungstemperatur entsprechend niedriger anzusetzen
- der Klebstoff ist im Anlieferungszustand gebrauchsfertig, bei Kühlung ist darauf zu achten, dass das Gebinde vor dem Einsatz auf Raumtemperatur konditioniert ist
- die Konditionierung der Gebinde erfolgt bei Raumtemperatur (max. +25 °C); die Konditionierungszeit beträgt ca. 1 h für Gebinde bis 50 ml und ca. 2 h für Gebinde bis 310 ml; eine zusätzliche Wärmezufuhr ist nicht zulässig
- der Klebstoff lässt sich aus dem Originalgebilde oder mit DELO-Dosiergeräten sehr gut verarbeiten
- zu verklebende Oberflächen sollen trocken, staub- und fettfrei sowie frei von anderen Verunreinigungen sein
- zur Klebflächenreinigung DELOTHEN-Reiniger verwenden
- durch Sandstrahlen, Schleifen oder Beizen kann eine Verbesserung der Klebstoffhaftung am Werkstück erreicht werden

DELO Industrie Klebstoffe
DELO-Allee 1
86949 Windach · Deutschland
Telefon +49 8193 9900-0
Telefax +49 8193 9900-144
info@DELO.de · www.DELO.de

Aushärtung

- erfolgt bei Temperaturen zwischen +130 und +180 °C
- höhere Temperaturen verkürzen, niedrigere Temperaturen verlängern den Aushärtungsprozess und ändern ggf. die Eigenschaften des ausgehärteten Produkts

Technische Daten

Farbe	hell-beige
Füllstoff	Mineralien
Dichte [g/cm ³] DELO-Norm 13 bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	1,6
Viskosität [mPas] bei 23 °C, Brookfield Sp/U 7/5	230000
Verarbeitungszeit bei Raumtemperatur (max. 25 °C)	4 Wochen
Verarbeitungszeit bei +36°C	4 Tage
Aushärtungszeit bis zur Endfestigkeit [min] bei +150 °C im Umluftofen	40
Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa] DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm nach 40 min bei +150 °C	30
Rollenschälwiderstand St/St [N/mm] DELO-Norm 38, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,5 mm	10
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +100 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	26
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +150 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	9
Temperaturfestigkeit Al/Al bei +200 °C [MPa] in Anlehnung an DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm	3
Zugfestigkeit [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	50
Reißdehnung [%] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	1,4
E-Modul [MPa] In Anlehnung an DIN EN ISO 527 Schichtdicke: 2 mm nach 40 min bei +150 °C	5500
Shore Härte D In Anlehnung an DIN EN ISO 868 nach 40 min bei +150 °C	84
Zersetzungstemperatur [°C] DELO-Norm 36	300

Glasübergangstemperatur [°C] Rheometer	134
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, im Temperaturbereich: +30 bis +90 °C	42
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, im Temperaturbereich: +130 bis +180 °C	147
Schrumpf [Vol. %] DELO-Norm 13	2,5
Wasseraufnahme [Gew. %] in Anlehnung an DIN EN ISO 62 nach 40 min bei +150 °C	0,12
Spezifischer Durchgangswiderstand [Ω cm] VDE 0303, Teil 3	>1xE13
Oberflächenwiderstand [Ω] VDE 0303, Teil 3	>1xE13
Durchschlagfestigkeit [kV/mm] DIN IEC 60243-1 bei 50 Hz	20
Lagerstabilität bei Raumtemperatur (max. 25 °C) im ungeöffneten Originalgebände	4 Wochen
Lagerstabilität bei 0 °C bis +8 °C im ungeöffneten Originalgebände	6 Monate

Hinweise und Ratschläge

Allgemeines

Die angegebenen Daten und Informationen beruhen auf Untersuchungen unter Laborbedingungen. Verlässliche Aussagen über das Verhalten des Produktes unter Praxisbedingungen und dessen Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck können hieraus nicht getroffen werden.

Viele Produkteigenschaften sind temperaturabhängig und können sich insbesondere bei hohen Temperaturen dauerhaft verändern.

Die Eignung des Produktes für den vorgesehenen Verwendungszweck und Temperaturbereich ist unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen jeweils vom Anwender selbst zu testen. Die Art und die physikalischen sowie chemischen Eigenschaften der mit dem Produkt zu verarbeitenden Materialien sowie die während Transport, Lagerung, Verarbeitung und Verwendung konkret auftretenden Einflüsse können Abweichungen des Verhaltens des Produktes im Vergleich zu seinem Verhalten unter Laborbedingungen verursachen. Die angegebenen Daten sind typische Mittelwerte oder einmalig ermittelte Kennwerte, die unter Laborbedingungen gemessen wurden.

Die angegebenen Daten und Informationen stellen deshalb keine Garantie oder Zusicherung bestimmter Produkteigenschaften oder die Eignung des Produktes für einen konkreten Verwendungszweck dar.

Gebrauchsanweisung

Die Gebrauchsanweisung zu DELOMONOPOX finden Sie im Internet unter www.DELO.de. Auf Wunsch senden wir Ihnen die Gebrauchsanweisung auch gerne zu.

Arbeits- und Gesundheitsschutz

siehe Sicherheitsdatenblatt

Spezifikation

siehe QS-Prüfprotokoll