



17. Jahrestreffen der Kaltumformer 2002, VDI, Düsseldorf

Moderne Werkzeugauslegung zum Einsatz von Sprödstoffe mit unterschiedlichen E-Modulen

G.H. Arfmann, M. Twickler

CPM GmbH, Herzogenrath

K. Bloch, A.J. Sprang

Wallram Werkzeugtechnik GmbH, Essen

CPM GmbH und Wallram GmbH untersuchten neue Werkstoffe und zugehörige Methoden zur Werkzeugauslegung und -herstellung um Sprödstoffe inn Werkzeugen für die Kaltumformung einsetzen zu können.

*Zum Einsatz kamen neben geeigneten Konstruktions- und Fertigungsmethoden rechnerische Analysen des Prozesses und der Werkzeuge mit Hilfe des **FEM Programms eesy-2-form** und Auslegungsanalysen des Mehrring-Schrumpfverbundes mit Hilfe der **Matria-Programme** von König.*

Februar 2002

Die Diskussion über den Einsatz nicht nur von Hartmetallen sondern auch von anderen Sprödstoffen in Werkzeugen für die Kaltumformung beschäftigt die Fachwelt schon seit einigen Jahren. Insbesondere der Einsatz von Keramikwerkstoffen nimmt in diesen Diskussionen einen zentralen Platz ein. Keramik bietet offensichtlich durch seine physikalischen Werte erhebliche Vorteile gegenüber konventionellen Werkstoffen. So ist die Frage der Werkstofftrennung zwischen Werkstück und Werkzeugmaterial bereits gelöst. Es kann also auf entsprechende Beschichtung des Werkstücks bei geeigneter Wahl des Schmiermittels verzichtet werden. Auch die Verschleißfestigkeit sollte erheblich besser sein als bei konventionellen Werkstoffen. Entsprechende Versuche in der Industrie haben jedoch selten zu Erfolgen geführt, da die Sprödigkeit dieser Werkstoffe bereits frühzeitig zum Versagen geführt hat. Es konnten also keine einschlägigen Erfahrungen über Standzeiten etc. gewonnen werden. Ursache für das frühzeitige Versagen war in der Regel die Empfindlichkeit dieser Stoffe gegen jegliche Art von Zugspannungen. Durch die gewählten Werkzeugauslegungen konnten Zugspannungen nicht vollständig vermieden werden, so daß die Werkzeuge frühzeitig versagten.

Die Aufgabenstellung in der Zusammenarbeit von CPM GmbH und Wallram GmbH bestand darin eine geeignete Werkzeugauslegung und – konstruktion zu finden, die es erlaubt Sprödstoffe in Werkzeugen der Kaltumformung einzusetzen. Hierzu wurde ein Weg zur Ermittlung der geeigneten Werkzeugkonstruktion gewählt, der in dieser Präsentation dargestellt werden soll.

Zunächst wurde der beabsichtigte Prozeß mit Hilfe der FEM Berechnung analysiert. Es wurden entsprechende Analysen der Werkzeugbelastung durchgeführt und die Werkzeugkomponenten (gemäß beabsichtigter Konstruktion) einer Spannungsanalyse unterzogen.

Aus diesen Untersuchungen wurden Erkenntnisse über Mindestspannungen gewonnen, mit denen die Komponenten vorzuspannen waren um auch unter Last einen reinen Druckspannungszustand in der Sprödstoffkomponente zu gewährleisten.

Mit diesen Ergebnissen wurde dann das beabsichtigte Vier-Ring-System mit Hilfe des Programms Matria untersucht. Hierdurch konnten die geeigneten Übermaße bestimmt werden, mit denen die

Werkzeuge gebaut werden müssen um dann im Zusammenbau die erforderlichen Druckspannungen zu erzeugen.

Aufgrund der geplanten hohen Produktionsstückzahl sollte ein Wechselsystem gebaut werden, bei dem im Verschleißfall nur die Reduzierstelle ausgewechselt werden muß. Um Aufschweißungen beim Ein- und Auspressen zu vermeiden wurde der zweite Ring in Hartmetall ausgeführt. Ein Vierringsystem wurde gewählt, welches in der Folge Ring 1 in Ring 2, Ring 3 in Ring 4 und dann Ring 1+2 in Ring 3+4 („Fügefølge 1+2 in 3+4“) gefügt wurde..

Im ersten Schritt wurden der aus der FEM bekannte Innendruck und der geplanten Innen- und der Außendurchmesser eingegeben und die Werkzeugwerkstoffe ausgewählt. Der Fugendurchmesser D2 wurde aus Standardisierungsgründen auf 16 mm festgelegt. Über die verfügbaren Optimierungsmethoden wurden dann die Schrumpfmaße und die Durchmesser D3 und D4 ermittelt.

Die gefundene Auslegung schien geeignet zu sein, wesentliche höhere Innendrucke als gefordert zu erlauben. Eine Prüfung der Herstellbarkeit der einzelnen Schrumpfverbände machte allerdings eine Korrektur der Schrumpfmaße im ersten Verbund erforderlich. Es

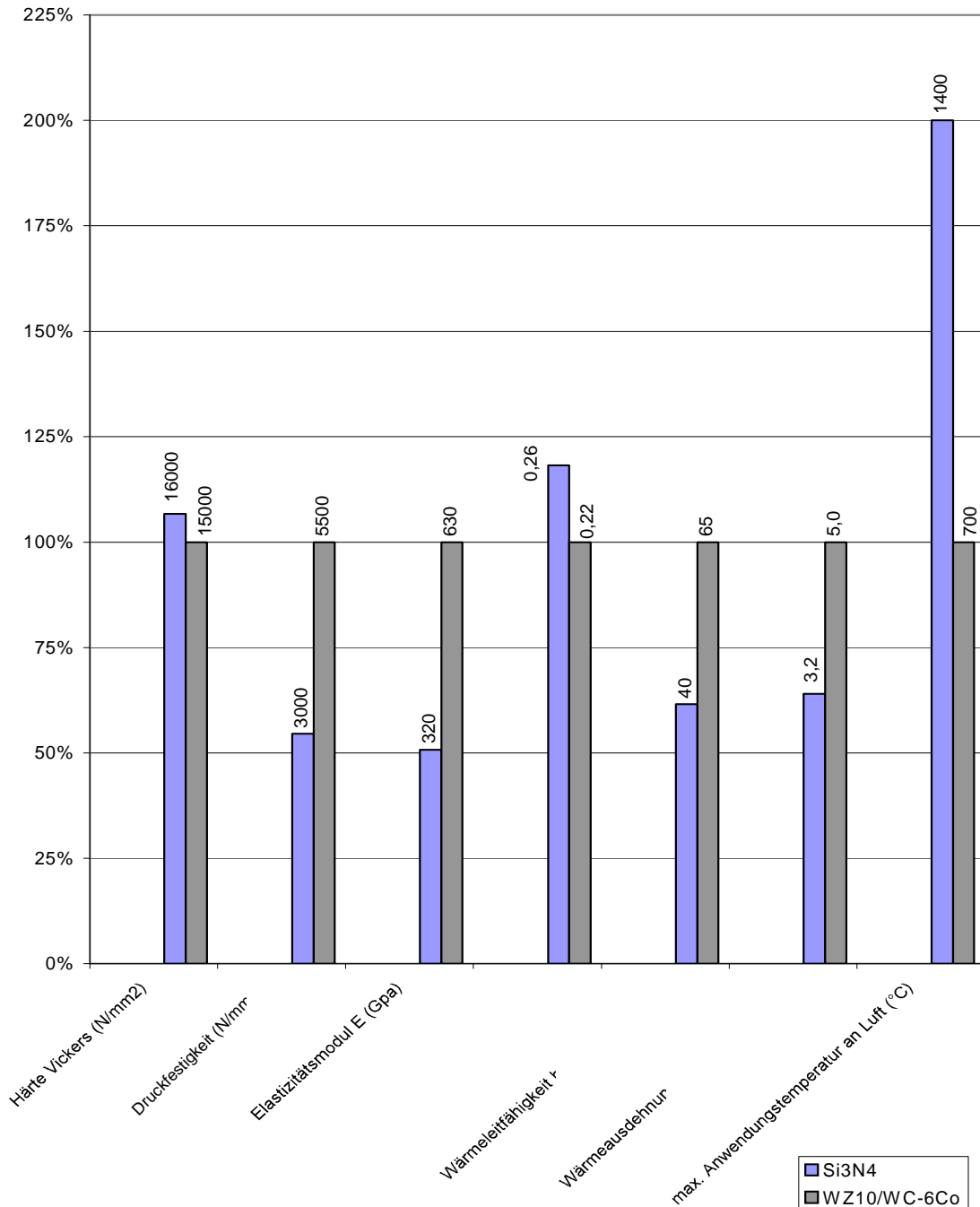
zeigte sich, daß das Schrumpfmaß S1 auf max. 0,12% gesenkt werden musste. Damit lies sich ein Werkzeugsystem mit einer maximalen Belastbarkeit von 1500 N/mm**2 herstellen. Die Überprüfung der Spannungsverteilungen im Werkzeugverbund ergab, dass auch keine wechselnden Zug-/Druckspannungen auftraten.

Wegen der unterschiedlichen E-module des Sprödstoffes und des Hartmetalls war noch eine Anpassung der Schrumpfmaße erforderlich, um eine gleichförmige Fugendruckverteilung zu erreichen. Damit war das Werkzeugsystem optimal ausgelegt.

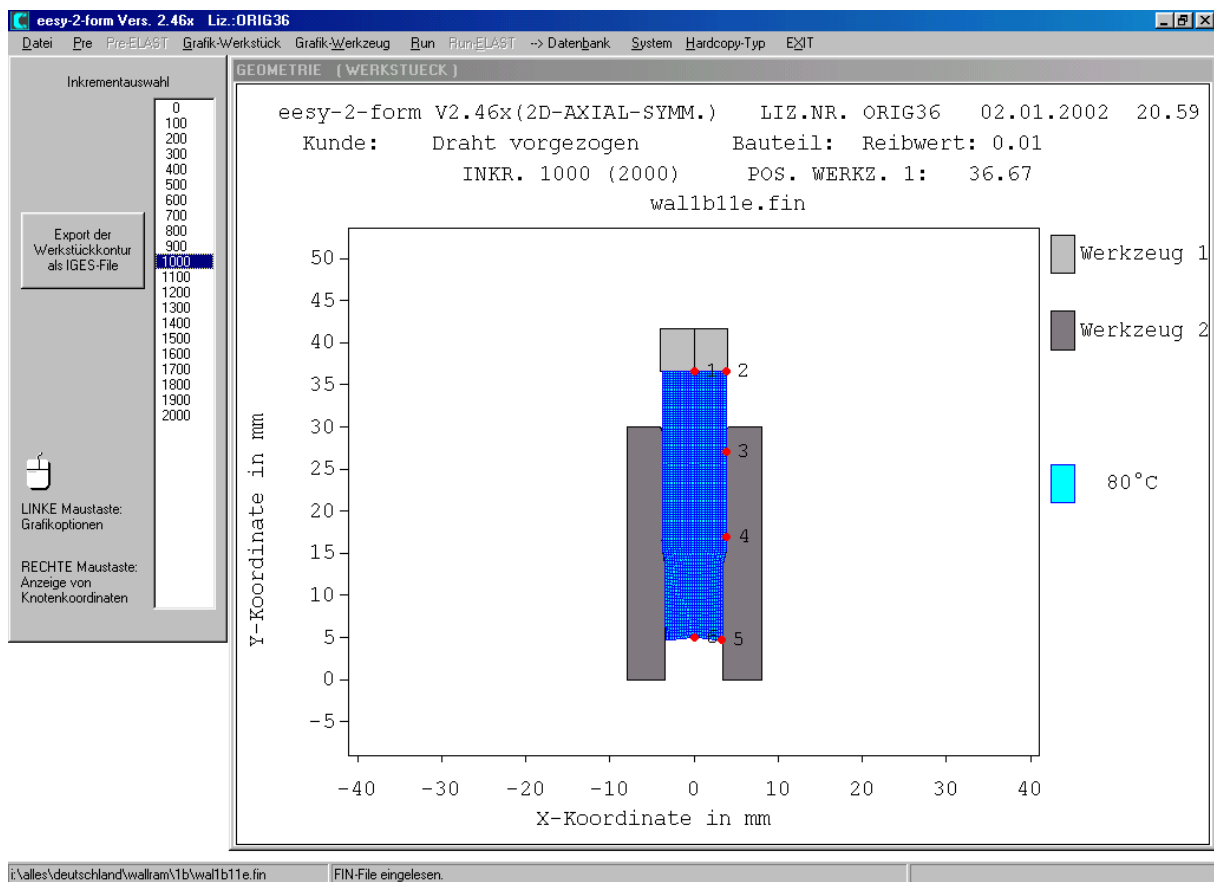
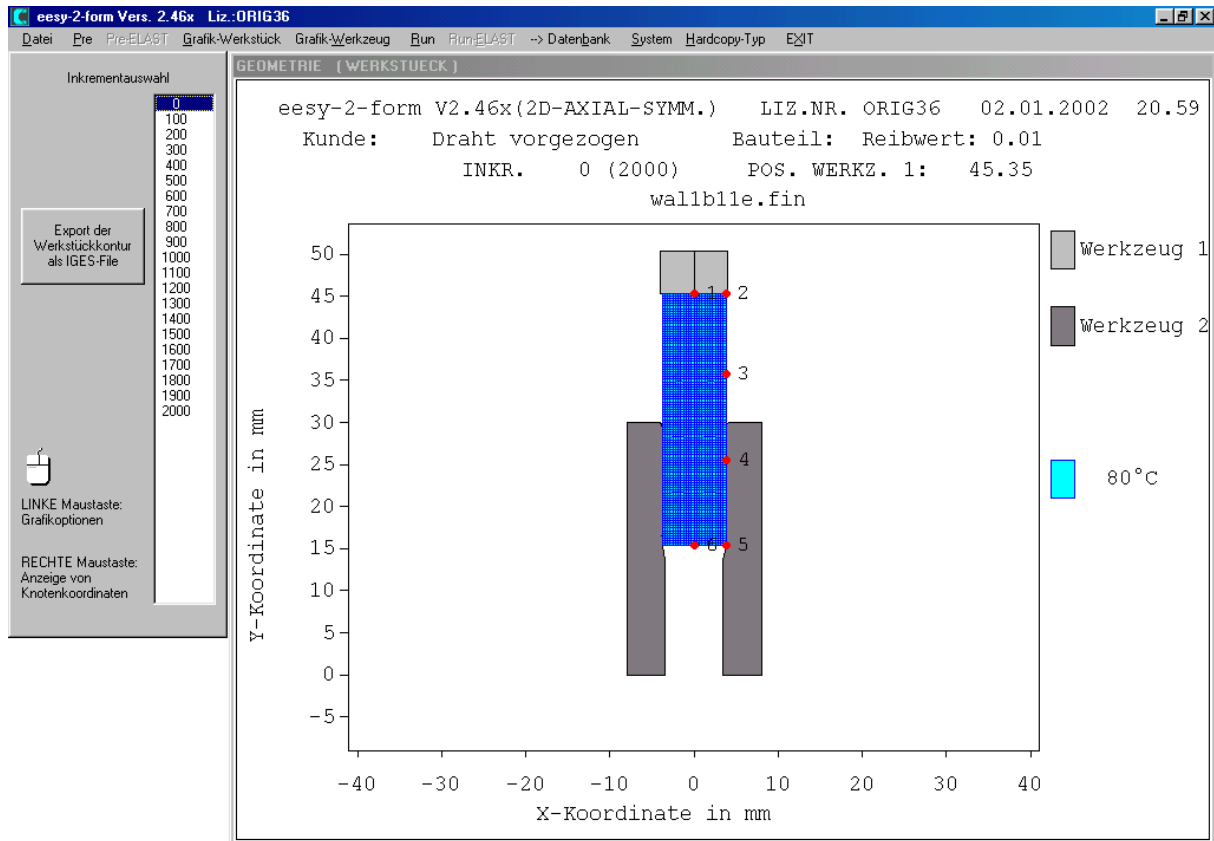
Die zu erwartende Ein- und Auspresskraft wurde mit dem Berechnungsprogramm Reibkra mit 21 Tonnen ermittelt.

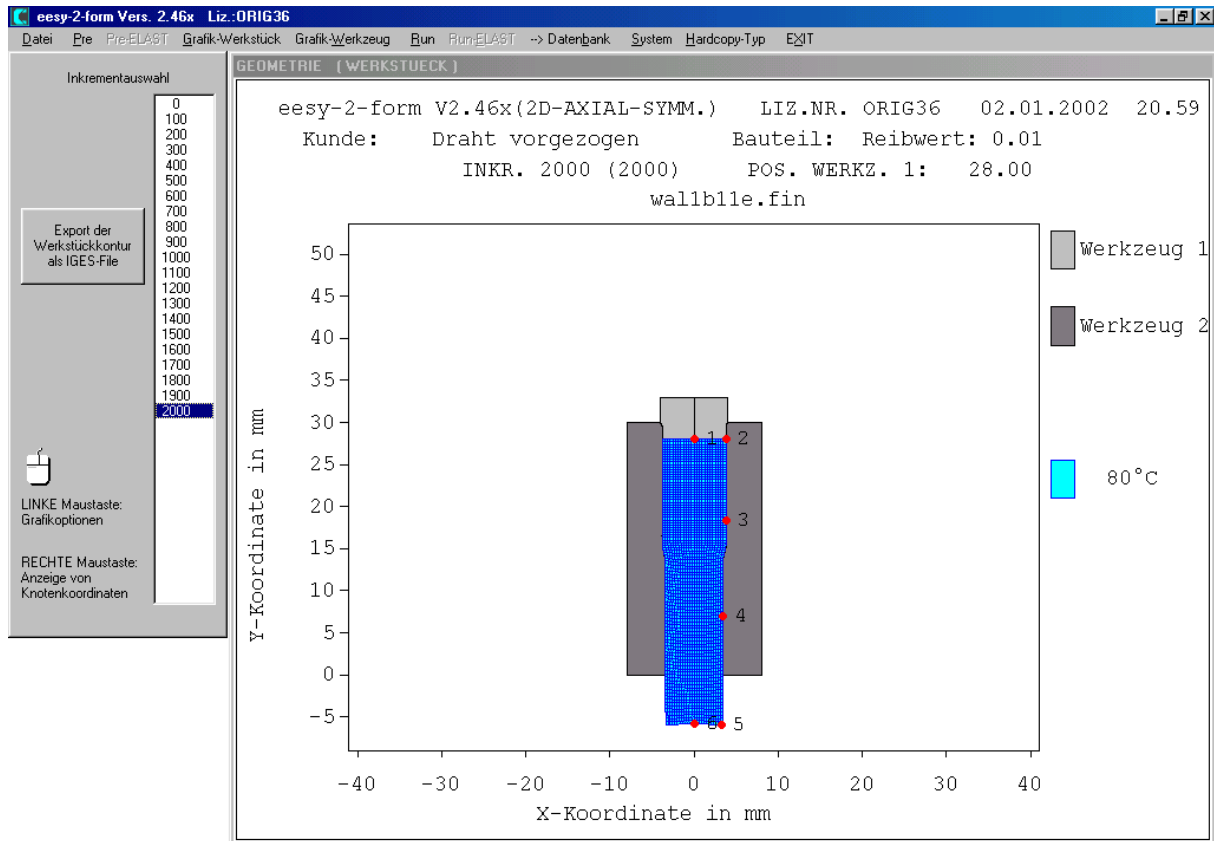
Zu guter letzt bedurfte es einer entsprechenden Fertigungstechnik und Zusammenbaumethode, die es erlaubte die Komponenten mit der geforderten Vorspannung und Präzision zusammenzubauen.

Mechanischer und Thermischer Werkstoffvergleich Keramik-Hartmetall

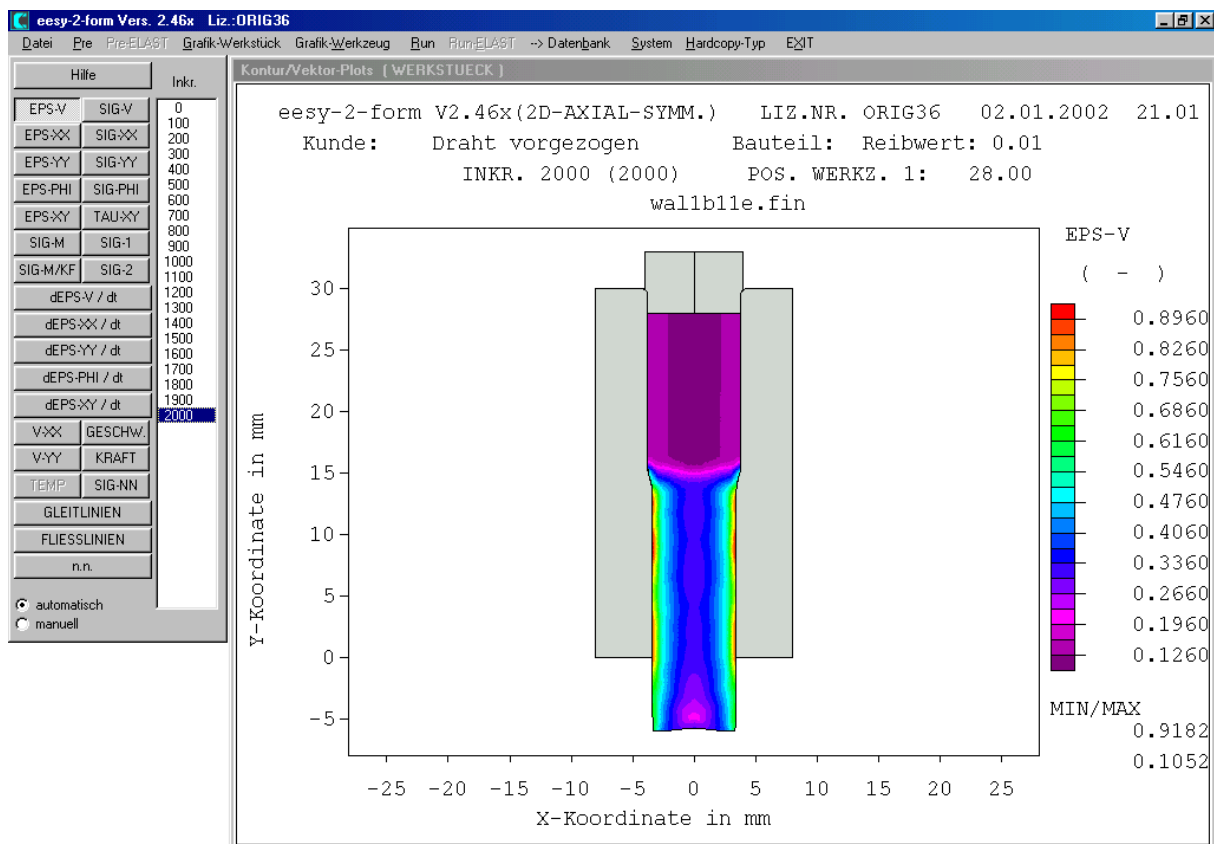


Die angegebenen Daten basieren auf Literaturangaben und sollten daher nur als Richtgrößen angesehen werden.

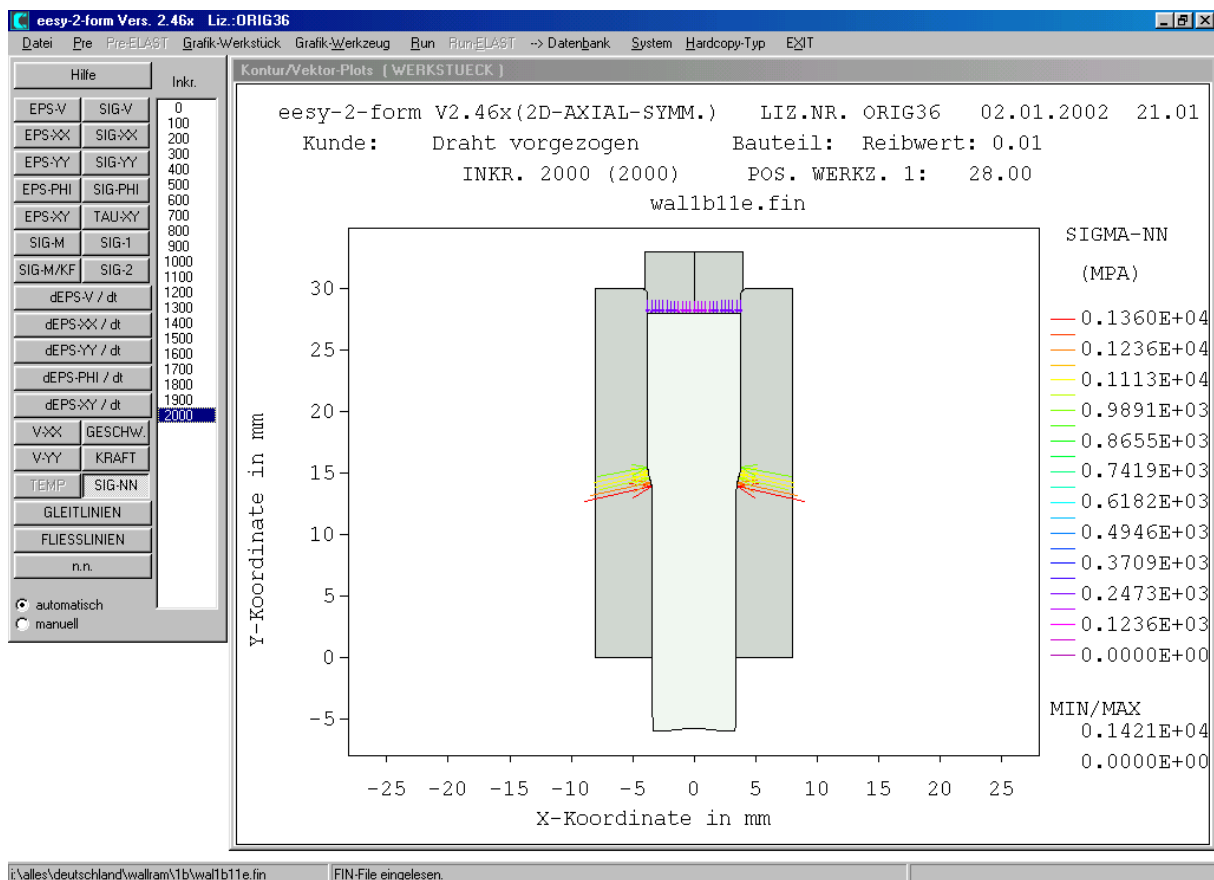
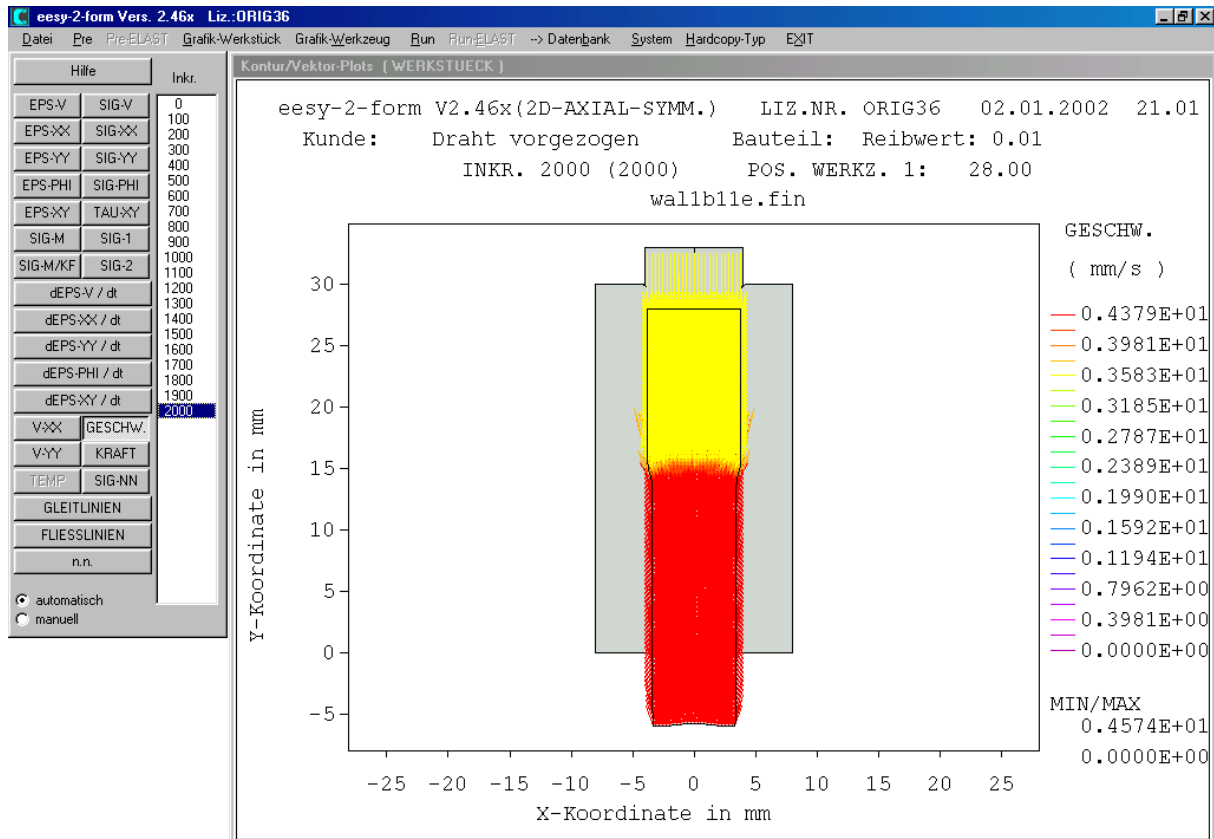


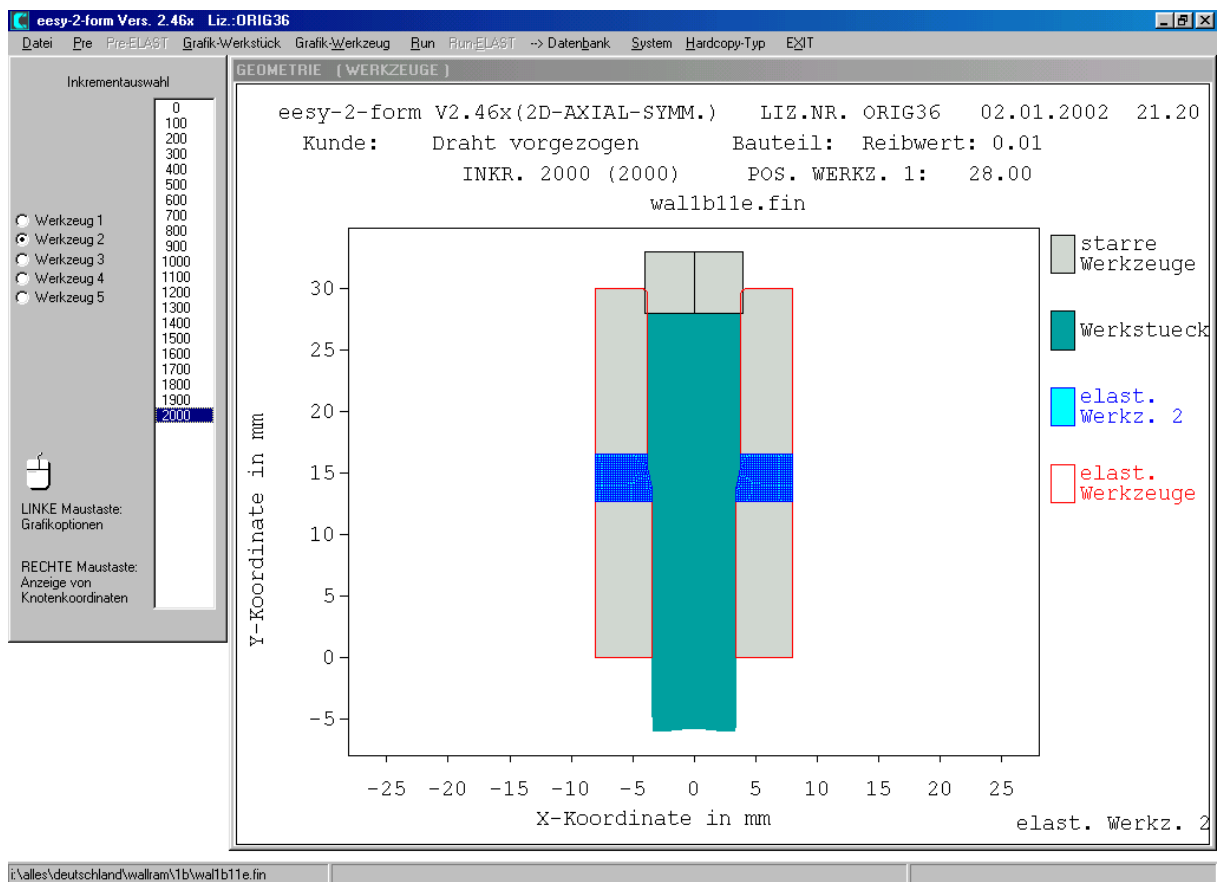
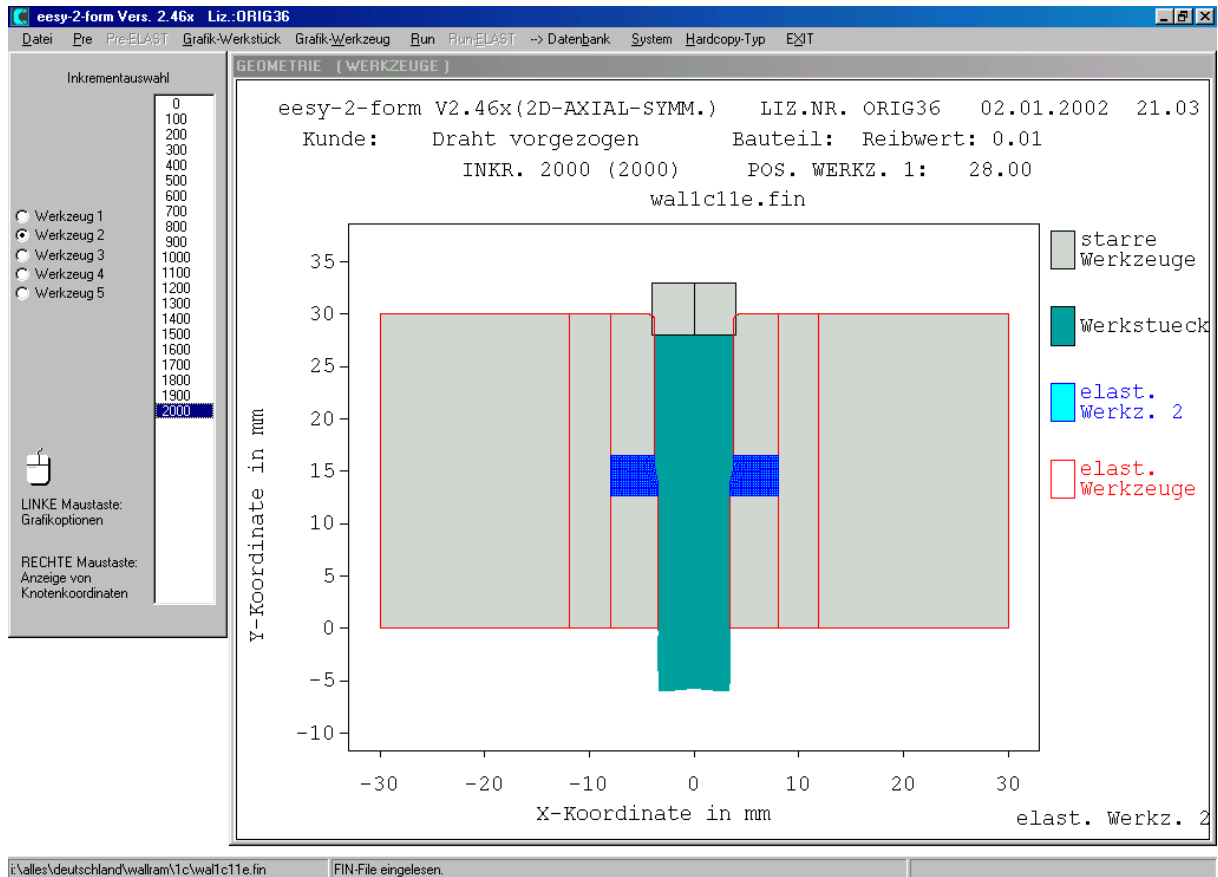


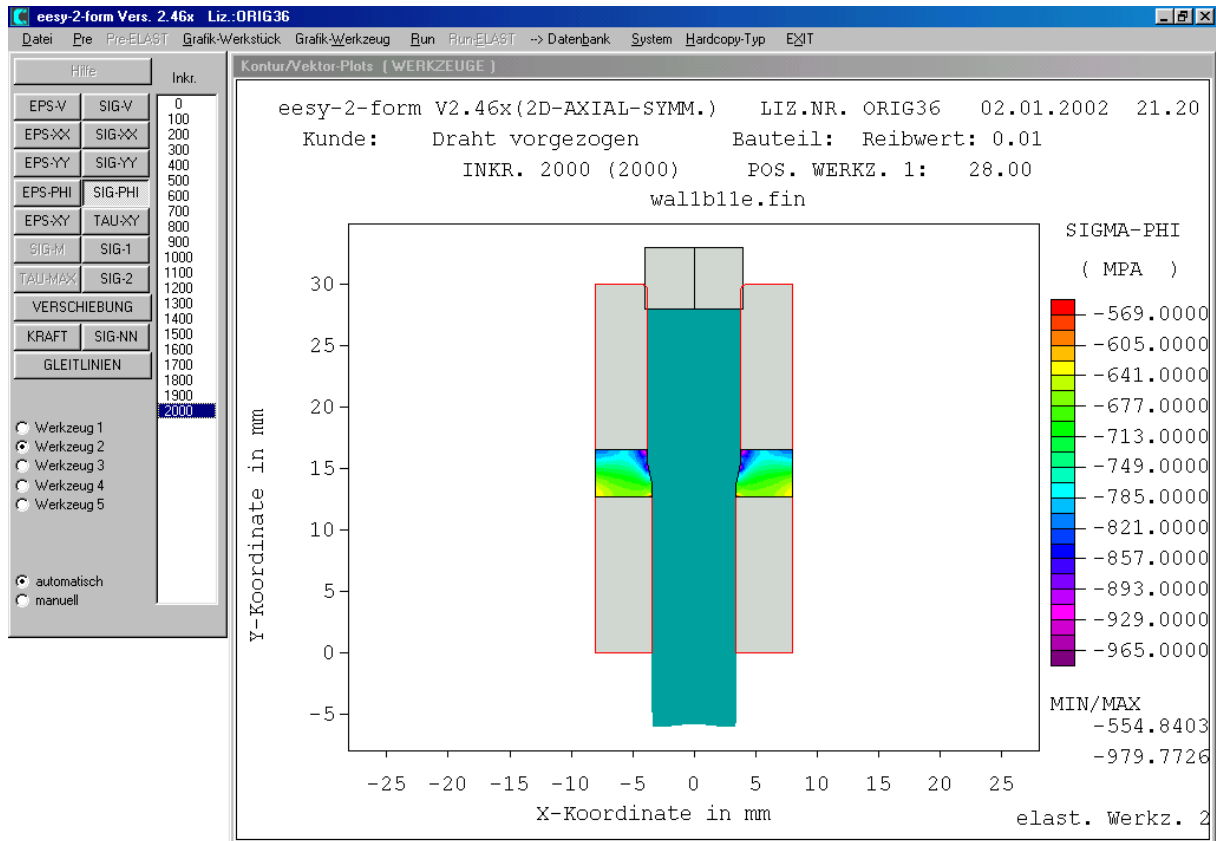
i:\alles\deutschland\wallram\1b\wallb11e.fin FIN-File eingelesen.



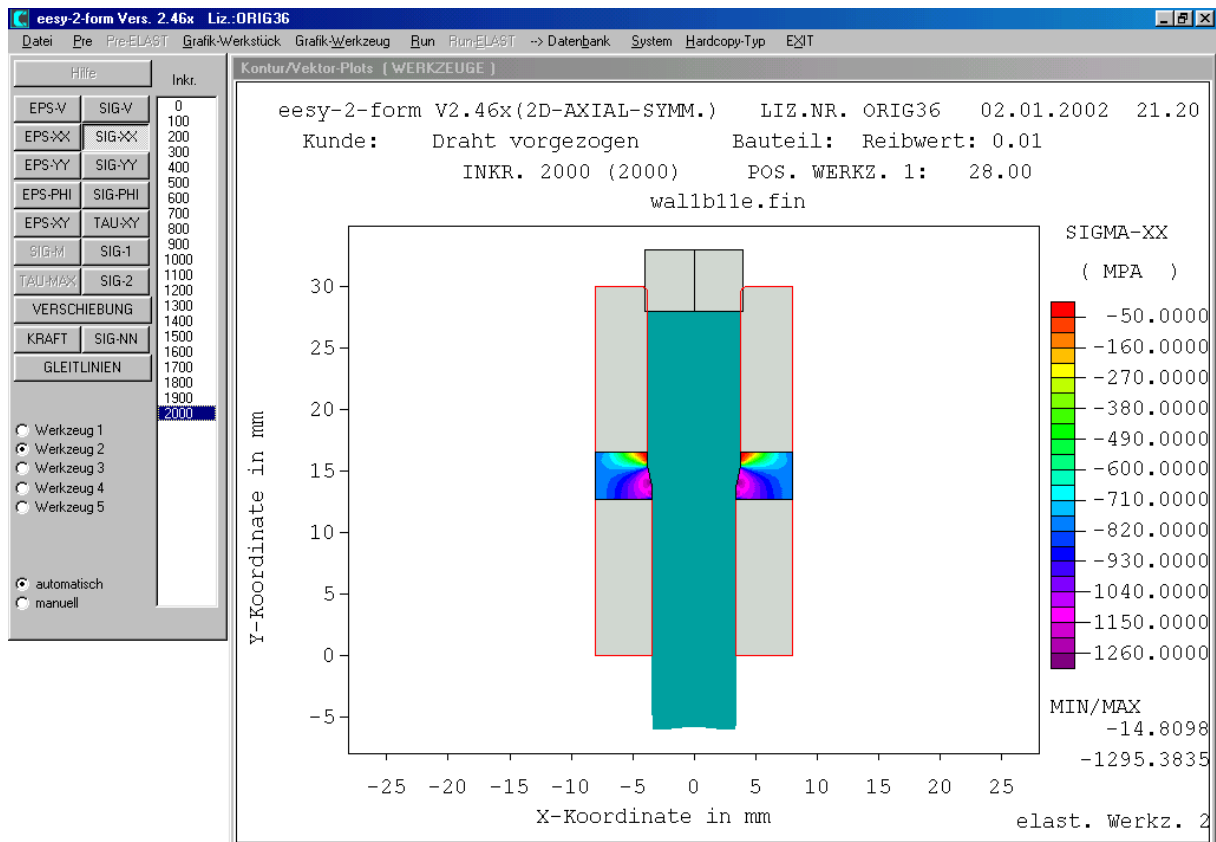
i:\alles\deutschland\wallram\1b\wallb11e.fin FIN-File eingelesen.







i:\alles\deutschland\wallram\1b\wallb11e.fin



i:\alles\deutschland\wallram\1b\wallb11e.fin

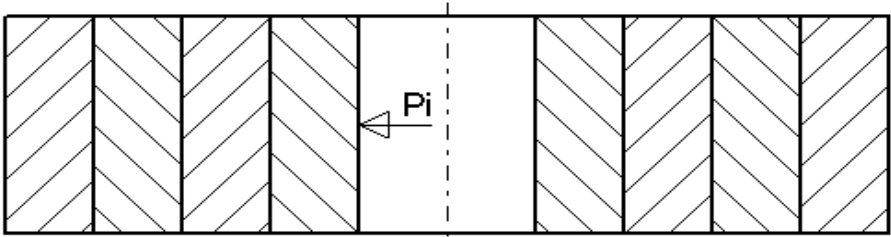
D1 mm
D5 mm
Pi N/mm²

Willkommen im Schweers-Matrizen-Programm
 für Dreifacharmierung (Vierringsystem)
 Version: MatriB4.2 für WIN 95 und NT von 2001

(c) Copyright: Karl Schweers+Brigitte Königs
 Vertrieb: CPM, Kaiserstr.100, 52134 Herzugebrath

Alle Rechte vorbehalten
 Dieses Programm darf nur bei CPM Herzogenrath benutzt werden

Bitte Werte eingeben



Werkstoffdaten	Ring 4	Ring 3	Ring 2	Ring 1
Werkstoffbenennung	X40CrMoV51	X40CrMoV51	B40	SiN
Werkstoffnummer	1.2344	1.2344		
E-Modul in kN/mm ²	216	216	510	320
Poissonsche-Zahl	0,28	0,28	0,27	0,26
Festigkeit in N/mm ²	1670	1800		
Streckgrenze in N/mm ²	1470	1600		
Anlaßtemperatur in °C	600	585		
	Andere	Andere	Andere	Andere
	1.2343 / 1570			
	1.2343 / 1800			
	1.2343 / 1900			
	1.2344 / 1330			
	1.2344 / 1670			
	1.2344 / 1800			
	1.2344 / 1900			
	1.2344 / 2050			

Die Zahl nach dem / =
 die Festigkeit

Die D3/4-Optimierung errechnet die optimalen Schrumpfmaße und die optimalen D3+D4-Fugendurchmesser für den größten Innendruck

Max.Tangentialspannung in N/mm² für den Innenring (Ring 1)
 Max.Tangentialspannung in N/mm² Ring 2
 Max.Vergleichsspannung in N/mm² Ring 3
 Max.Vergleichsspannung in N/mm² für den Außenring (Ring 4)

Min.Wandstärke in mm Ring 2
 Min.Wandstärke in mm Ring 3
 Min. Wandstärke in mm für den Außenring (Ring 4)

Fügefølge = 12/34 Ringe 1+2 in 3+4

Optimierungsart TTW

TTW optimiert die beiden Außenringe mit der Vergleichsspannung und die Anderen nach der Tangentialspannung

Software Brigitte Königs D-41061 Mönchengladbach Gneisenastr.3 Tel. 0175 8519576

MatriB4

CPM Herzogenrath

D1	<input type="text" value="6.8"/> mm		<Ps3	<Ps2	<Ps1	<Pi	Ring1	Ring2	Ring3	Ring4	
D2	<input type="text" value="16"/> mm		S3	S2	S1		D1	D2	D3	D4	D5
D3	<input type="text" value="23"/> mm		Schweers-Vierringsystem				Ring1	Ring2	Ring3	Ring4	
D4	<input type="text" value="38"/> mm		Werkstoff	SiN	B40	1.2344	1.2344				
D5	<input type="text" value="60"/> mm		Poissonsche-Zahl	0,26	0,27	0,28	0,28				
			E-Modul	kN/mm ² 320	510	216	216				
			Anlaßtemperatur	°C		585	600				
S1	<input type="text" value="2.2"/> Promill		Streckgrenze	N/mm ²		1600	1470				
S1	<input type="text" value="0.035"/> mm		Bruchfestigkeit	N/mm ²		1800	1670				
S2	<input type="text" value="7.3"/> Promill		Vergleichsspannung	N/mm ² 1946	1149	1440	1323				
			Tangentialspannung	N/mm ² 0	0	587	927				
S2	<input type="text" value="0.169"/> mm					Zug	Zug				
S3	<input type="text" value="3.7"/> Promill		Fügefølge: <input type="text" value="12/34"/> Ringe 1+2 in 3+4								
S3	<input type="text" value="0.14"/> mm		Pi	<input type="text" value="1946"/> N/mm ²	Fugendruck Ps1 = 1149 N/mm ²						
			Atmung D1 f(Pi) = 0.052 mm		Fugendruck Ps2 = 852 N/mm ²						
			Verengung D1 f(S1+S2+S3) = 0.041 mm		Fugendruck Ps3 = 396 N/mm ²						
					Datum 18.12.01	Zeit 00:05:52					

Bemerkung

Konstruktionsbüro Karl Schweers D-41061 Mönchengladbach Lessingstr.8, Tel 0175 8519576 **MatriB2**

CPM Herzogenrath

Warmtafel Schweers-Zweiringsystem

Innendurchmesser	<input type="text" value="6.8"/>	mm	Kernwerkstoff	SiN
Verengung 0,007 mm	<input type="text" value="6.8"/>		Werkstoffnummer	
Atmung 0,000 mm			Poissonsche-Zahl	0,26
Fugendurchmesser	<input type="text" value="16"/>	mm	E-Modul	320 kN/mm ²
Außendurchmesser	<input type="text" value="23"/>	mm	Vergleichsspannung	310 N/mm ²
Innendruck	<input type="text" value="0"/>	N/mm ²	Tangentialspannung	-310 N/mm ² Druck
Schrumpfmaß	<input type="text" value="1.2"/>	Promill	Fassungswerkstoff	B40 nur für Händling
Schrumpfmaß	<input type="text" value="0.02"/>	mm	Werkstoffnummer	
Einführspiel	<input type="text" value="71.72"/>	%	Poissonsche-Zahl	0,27
Schrumpftemperatur	<input type="text" value="700"/>	°C	E-Modul	510 kN/mm ²
			Anlaßtemperatur	750 °C
			Bruchfestigkeit	850 N/mm ²
			Streckgrenze	650 N/mm ²
			Vergleichsspannung	491 N/mm ²
			Tangentialspannung	365 N/mm ²
			Fugendruck	127 N/mm ²
			Datum 18.12.01	Zeit 01:21:02

Bemerkung

Software Brigitte Königs D-41061 Mönchengladbach Gneisenastr.3 Tel, 0175 8519576 **MatriB4**

CPM Herzogenrath

D1	<input type="text" value="5.8"/>	mm		<input type="text" value="Ps3"/>	<input type="text" value="Ps2"/>	<input type="text" value="Ps1"/>	<input type="text" value="Pi"/>	<input type="text" value="Ring1"/>	<input type="text" value="Ring2"/>	<input type="text" value="Ring3"/>	<input type="text" value="Ring4"/>
D2	<input type="text" value="16"/>	mm									
D3	<input type="text" value="23"/>	mm									
D4	<input type="text" value="38"/>	mm									
D5	<input type="text" value="60"/>	mm									
S1	<input type="text" value="1.2"/>	Promill									
S1	<input type="text" value="0.02"/>	mm									
S2	<input type="text" value="6.5"/>	Promill									
S2	<input type="text" value="0.149"/>	mm									
S3	<input type="text" value="3.2"/>	Promill									
S3	<input type="text" value="0.12"/>	mm									

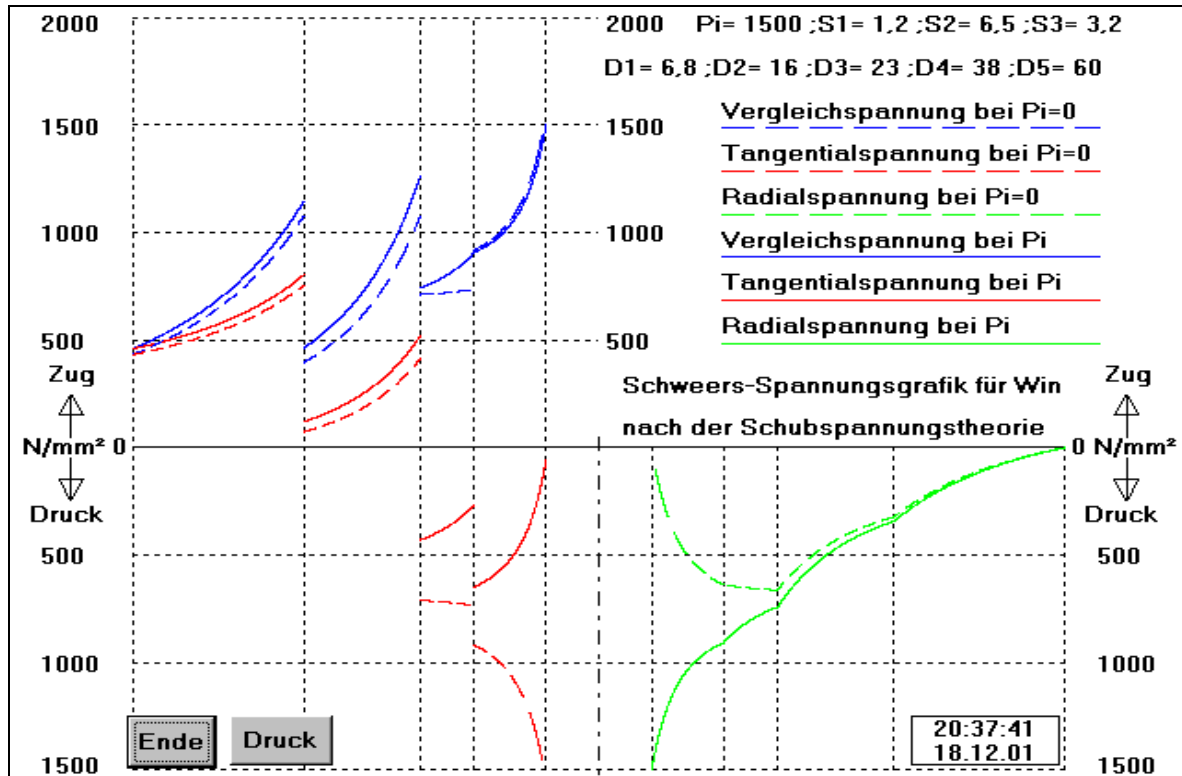
Fügefolge: Ringe 1+2 in 3+4

Schweers-Vierringsystem		Ring1	Ring2	Ring3	Ring4
Werkstoff		SiN	B40	1.2344	1.2344
Poissonsche-Zahl		0,26	0,27	0,28	0,28
E-Modul	kN/mm ²	320	510	216	216
Anlaßtemperatur	°C			585	600
Streckgrenze	N/mm ²			1600	1470
Bruchfestigkeit	N/mm ²			1800	1670
Vergleichsspannung	N/mm ²	1500	909	1261	1144
Tangentialspannung	N/mm ²	-57	-264	519	802
		Druck	Druck	Zug	Zug

Fugendruck Ps1 = 909 N/mm²
 Fugendruck Ps2 = 742 N/mm²
 Fugendruck Ps3 = 343 N/mm²

Datum 18.12.01 Zeit 20:37:41

Auslegung für Reduzierstelle



Software Brigitte Königs D-41061 Mönchengladbach Gneisenaustr.3 Tel. 0175 8519576 **MatriB4**

CPM Herzogenrath

D1 mm Ring1 Ring2 Ring3 Ring4

D2 mm S3 S2 S1 D1 D2 D3 D4 D5

D3 mm

D4 mm

D5 mm

S1 Promill

S1 mm

S2 Promill

S2 mm Fügefolge: Ringe 1+2 in 3+4

S3 Promill Pi N/mm²

S3 mm Atmung D1 f(Pi) = 0 mm
Verengung D1 f(S1+S2+S3) = 0.033 mm

Schweers-Vierringsystem		Ring1	Ring2	Ring3	Ring4
Werkstoff		SiN	B40	1.2344	1.2344
Poissonsche-Zahl		0,26	0,27	0,28	0,28
E-Modul	kN/mm²	320	510	216	216
Anlaßtemperatur	°C			585	600
Streckgrenze	N/mm²			1600	1470
Bruchfestigkeit	N/mm²			1800	1670
Vergleichsspannung	N/mm²	1558	736	1077	1077
Tangentialspannung	N/mm²	-1558	-736	413	754
		Druck	Druck	Zug	Zug

Fugendruck Ps1 = 638 N/mm²
Fugendruck Ps2 = 664 N/mm²
Fugendruck Ps3 = 322 N/mm²

Datum 18.12.01 Zeit 21:41:32

Der Fugendruck PS1 beträgt an der Reduzierstelle 638 N/mm²

Software Brigitte Königs D-41061 Mönchengladbach Gneisenastr.3 Tel, 0175 8519576 **MatriB4**

CPM Herzogenrath

D1 mm

	<Ps3	<Ps2	<Ps1	<Pi	Ring1	Ring2	Ring3	Ring4
--	------	------	------	-----	-------	-------	-------	-------

D2 mm S3 S2 S1 D1 D2 D3 D4 D5

D3 mm

D4 mm

D5 mm

Schweers-Vierringsystem		Ring1	Ring2	Ring3	Ring4
Werkstoff		B40	B40	1.2344	1.2344
Poissonsche-Zahl		0,27	0,27	0,28	0,28
E-Modul	kN/mm ²	510	510	216	216
Anlaßtemperatur	°C			585	600
Streckgrenze	N/mm ²			1600	1470
Bruchfestigkeit	N/mm ²			1800	1670
Vergleichsspannung	N/mm ²	1527	902	1155	1105
Tangentialspannung	N/mm ²	-1527	-902	458	774
		Druck	Druck	Zug	Zug

S1 Promill

S1 mm

S2 Promill

S2 mm Fügefolge: Ringe 1+2 in 3+4

S3 Promill Pi N/mm²

S3 mm Atmung D1 f(Pi) = 0 mm

Verengung D1 f(S1+S2+S3) = 0.02 mm

Fugendruck Ps1 = 626 N/mm²
Fugendruck Ps2 = 697 N/mm²
Fugendruck Ps3 = 331 N/mm²

Datum 18.12.01 Zeit 21:53:25

Der Fugendruck PS1 beträgt an Stützkern 626N/mm²

Berechnung der Auswerferkraft

Software Königs

AnzD Anzahl der Druckzonen (min. = 1, max. =6)

H mm

DF mm

PS N/mm²

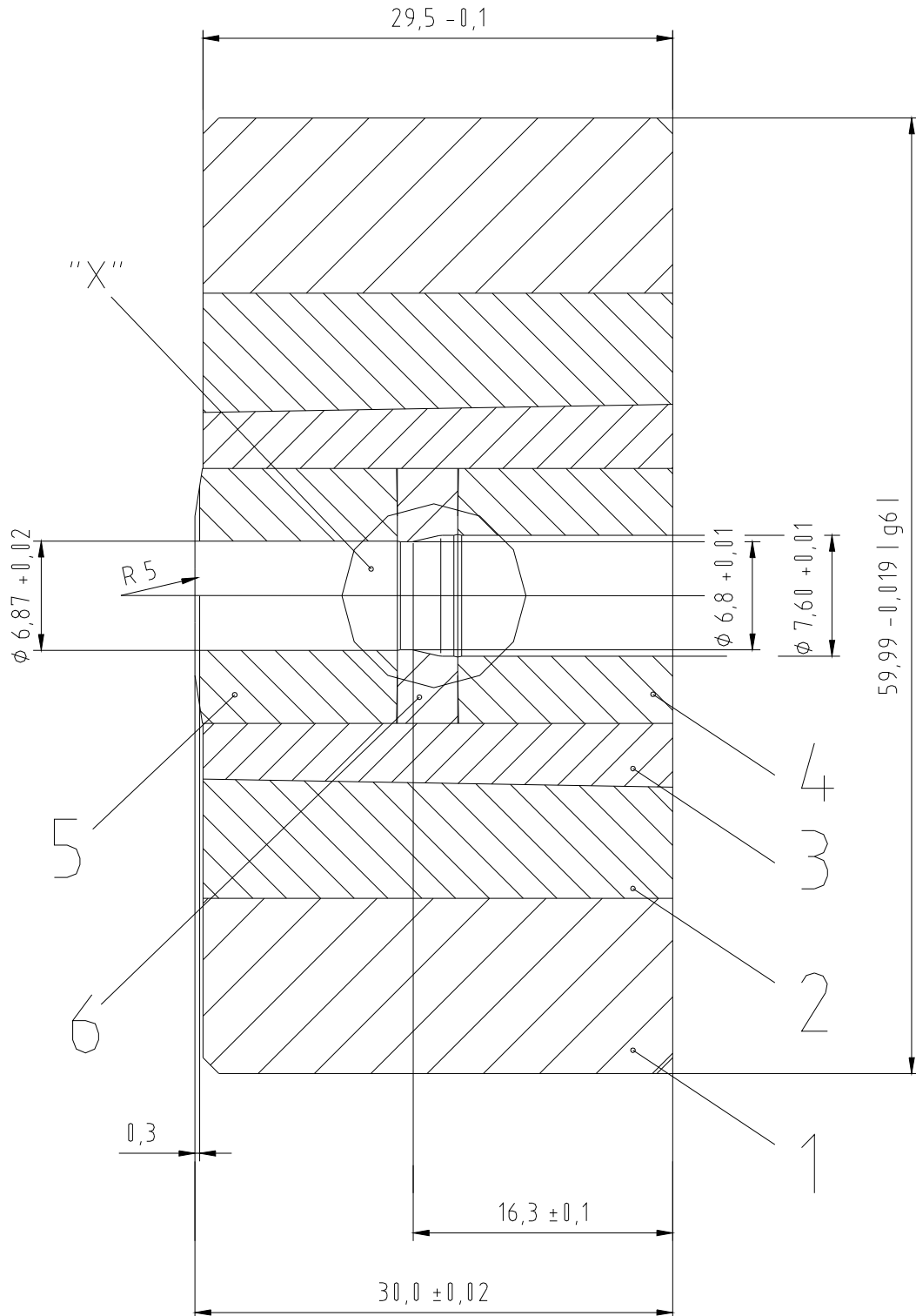
Re

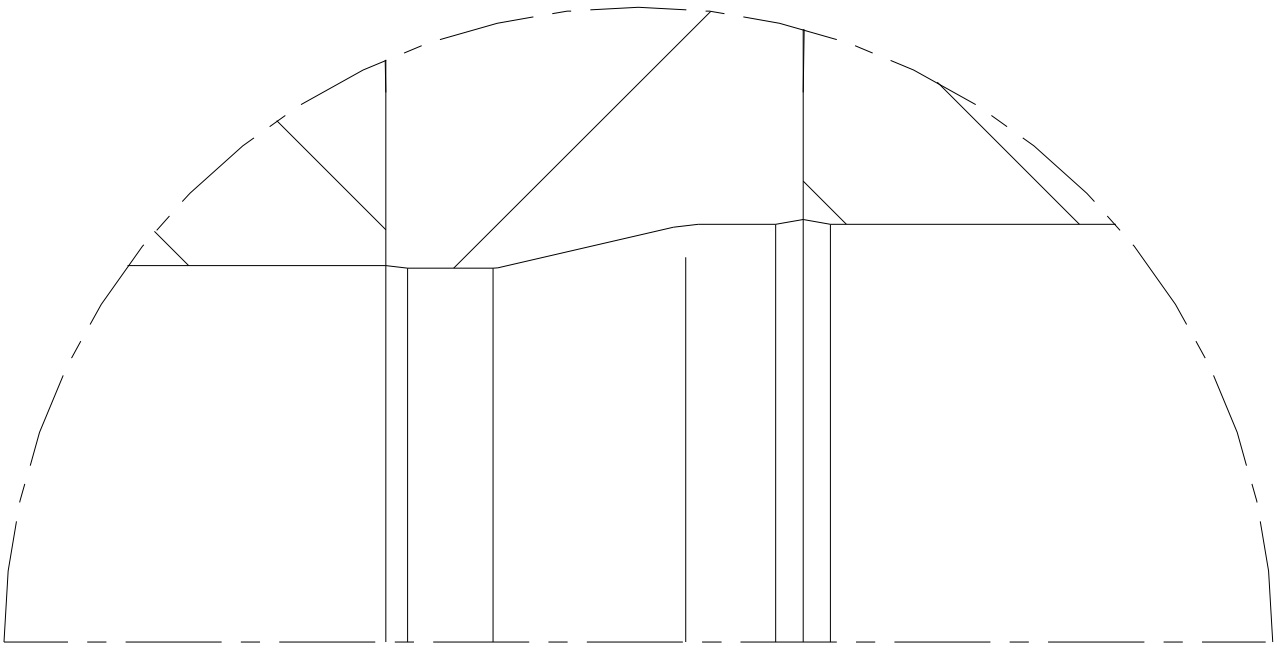
CPM Herzogenrath Fg= 20789 dN (kp)

Zeit 00:30:10 Datum 19.12.01

Eingabe 1					
H	29,5				
DF	23				
PS	697				
Re	0,14				
F	20789,32				

Bemerkung





Einzelheit "X"