ALUMINIUM

IHR VORTEIL IM WERKZEUG- UND FORMENBAU

IHR PARTNER FÜR ALUMINIUMLÖSUNGEN

Wir bei Aleris glauben: Wenn wir unsere Kunden weiterbringen, können alle nur gewinnen – auch unser Unternehmen.
Qualität, Verantwortung, Seriosität: Diese Werte sind für uns ein Muss.
Wenn wir zusammen mit unseren Kunden Lösungen erarbeiten, fördern wir ihren Erfolg – und schaffen eine bessere Welt.

Inhalt

Vorteile von Aluminium **4**
Aluminium vs. Stahl 4

WELDURAL® **6**
Vorteile 6
Hochtemperaturfestigkeit 6
Chemische Zusammensetzung 7
Festigkeit 7
Lieferprogramm 7
Zerspanung 8

HOKOTOL® **10**
Vorteile 10
Härte 10
Chemische Zusammensetzung 11
Festigkeit 11
Lieferprogramm 11
Zerspanung 12

Beschichten **14**

Polieren **15**

Tipps und Technik **16**

Zusätzliche Hinweise **17**

Senkung der Form-Kosten **18**

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen wurden mit größter Sorgfalt in Zusammenarbeit mit dem Steinbeis-Transferzentrum „Produktionstechnik & Werkzeugmaschinen" aus Horgau erstellt.

Das Bildmaterial aller Werkzeuge wurde dankenswerterweise von der Firma Walter Deutschland GmbH zur Verfügung gestellt.

UNLIMITED POTENTIAL

Über Aleris – Die Basis unseres Erfolgs: Wir bieten unseren Kunden innovative, maßgeschneiderte Lösungen und pflegen langjährige Partnerschaften in der Fertigungsindustrie.

Der Einsatz von unseren Aluminium-Legierungen WELDURAL® und HOKOTOL® verkürzt die Bearbeitungszeiten im Werkzeug- und Formenbau. Mit unserem Knowhow und Ressourcen helfen wir Anwendern, das unbegrenzte Potenzial von Aluminium für Ihre spezifischen Anforderungen zu nutzen.

Seit vielen Jahren sind wir durchgängig u.a. zertifiziert nach:

- DIN EN ISO 9001
- DIN EN ISO 9100
- IATF 16949
- EMAS
- DIN EN 14001

KUNDENINDIVIDUELLE LÖSUNGEN werden immer wichtiger. Aleris-Kunden entwickeln ihre Produkte und Anwendungen im Austausch mit unserer kundenorientierten, technischen Beratung kontinuierlich weiter. Das schnelle und einfache Handling ohne Qualitätsverlust der Leichtmetalle WELDURAL® und HOKOTOL® eröffnet dabei neue Möglichkeiten und damit Lösungen für den Werkzeug- und Formenbau – so profitiert jede Stufe der Fertigungskette.

NACHHALTIGKEIT unserer Produkte hat bei uns seit vielen Jahren einen hohen Stellenwert. So sind wir unter anderem nach EMAS und der DIN EN 14001 zertifiziert und engagieren uns auch für Aluminium-Recycling.

TECHNISCHE EXZELLENZ ist unser Ansporn. Wir geben uns nicht mit den heute verfügbaren Lösungen zufrieden, sondern setzen auf kontinuierliche Verbesserung der Produkte wie auch der Produktion. Unsere hochfesten Legierungen haben sich für die verschiedensten Kundenanforderungen bewährt und Aleris arbeitet zusammen mit den Anwendern an der Entwicklung neuer, innovativer Aluminiumprodukte. So bieten wir unseren Kunden alle Materialien, mit denen sie schon heute die Herausforderungen von morgen bewältigen können.

BESTÄNDIGKEIT ist Teil unserer Identität. Der Aleris-Standort Koblenz ist ein weltweit führendes Werk für hochwertige, gewalzte Aluminiumplatten, -bleche und -bänder in über 100 unterschiedlichen Legierungen. Diese werden in den Bereichen Ingenieur- und Transportwesen, Luft- und Raumfahrt, sowie in weiteren hochentwickelten Industriebereichen eingesetzt.

VORTEILE VON ALUMINIUM

ALUMINIUM
BIETET FOLGENDE VORTEILE

- **Gering zu bewegende Masse**
  Die Dichte von Aluminium ist dreimal geringer im Vergleich zu Stahl, d. h. die Maschinenbelastung ist geringer, dadurch kann die Maschinennutzungsdauer langfristig erhöht werden
- **Sehr gute Zerspanbarkeit**
  Formen können in einem Zehntel der Zeit (vs. Stahl) hergestellt werden
- **Sehr gute Wärmeleitfähigkeit**
  Schnellere Abkühlzeiten, dadurch Verringerung der Fertigungszeiten möglich
- **Sehr gute elektrische Leitfähigkeit**
  Höhere Geschwindigkeiten beim Funkenerodieren [EDM] möglich

IHRE ZEIT- UND KOSTENERSPARNIS

ALUMINIUM VS. STAHL

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ZEITSPANVOLUMEN UND DREHZAHL
Für die Herstellung von Formen ist die spanende Bearbeitung unabdingbar. Hierfür sind Zeitspanvolumen, Drehzahl und Zahnvorschub von Bedeutung.

Definition Zeitspanvolumen [Q]
Das Zeitspanvolumen Q beschreibt bei materialabtragenden Zerspanungsverfahren, dass in Form von Spänen, in einer bestimmten Zeit, abgetragene Materialvolumen.
In der Fertigungstechnik ist dies eine wichtige Größe, anhand dieser die Produktivität der Werkzeuge und Maschinen gemessen und eingestuft werden kann.

Zeitspanvolumen:
$Q = v_f \cdot a_p \cdot a_e / 1.000$ [cm³/min]
v_f = Vorschubgeschwindigkeit [mm/min]
a_p = axiale Zustellung [mm]
a_e = radiale Zustellung [mm]

Definition Drehzahl [n]
Drehzahl, ist die Zahl der Drehbewegungen des Werkzeuges pro Minute.

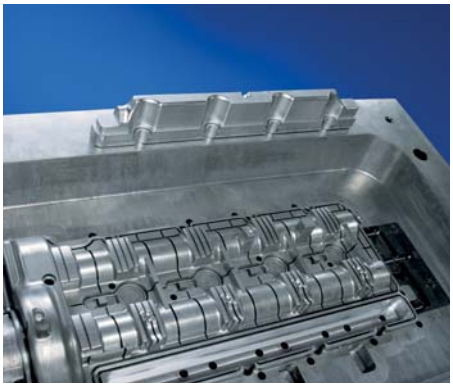
Spindeldrehzahl:
$n = v_c \cdot 1.000 / (\pi \cdot D_c)$ [1/min]
v_c = Schnittgeschwindigkeit [m/min]
D_c = Werkzeugdurchmesser [mm]

Definition Zahnvorschub [f_z]
Der Zahnvorschub ist der Weg in Vorschubrichtung des Werkzeugs, der pro Schneide zurückgelegt wird. Der Vorschub wird nach der Belastbarkeit der Schneiden und dem zu bearbeitenden Werkstoff gewählt.

Zahnvorschub:
$f_z = v_f / (z \cdot n)$ [mm]
v_f = Vorschubgeschwindigkeit [mm/min]
z = Schneidenzahl
n = Spindeldrehzahl [1/min]

Beispiel:

ALUMINIUM	WEICH	HOHER ZAHNVORSCHUB
STAHL	HART	GERINGER ZAHNVORSCHUB



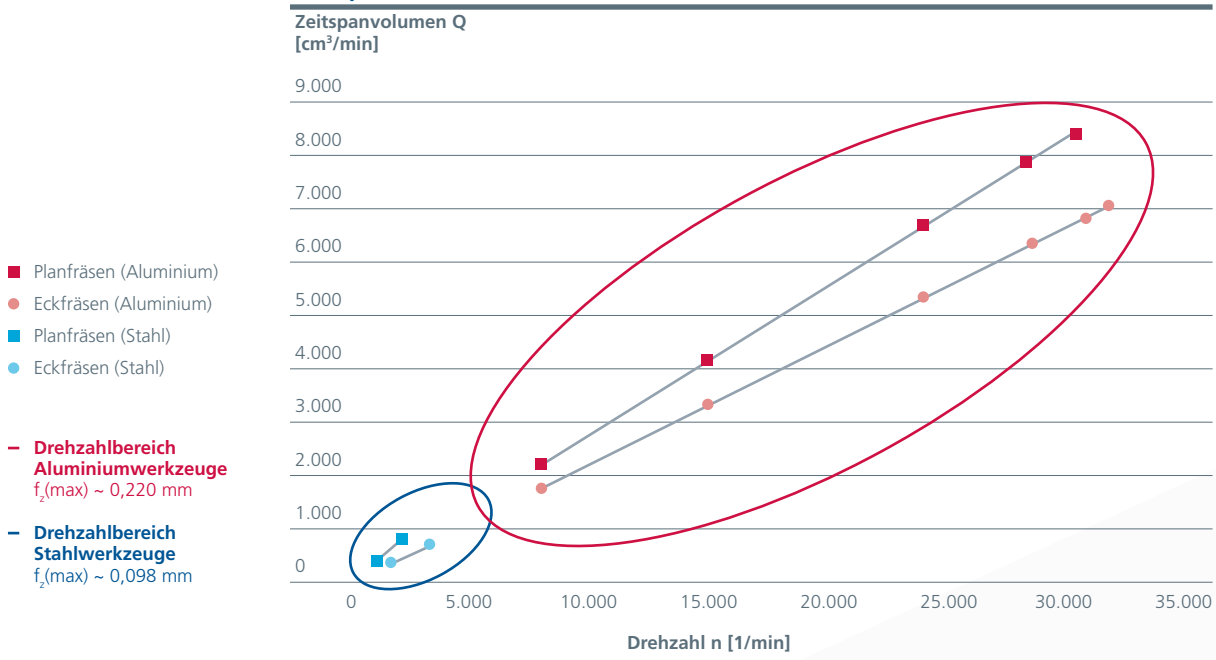
Mit einer höheren Drehzahl kann das Zeitspanvolumen um bis zu Faktor 10, gegenüber Stahl, gesteigert werden.

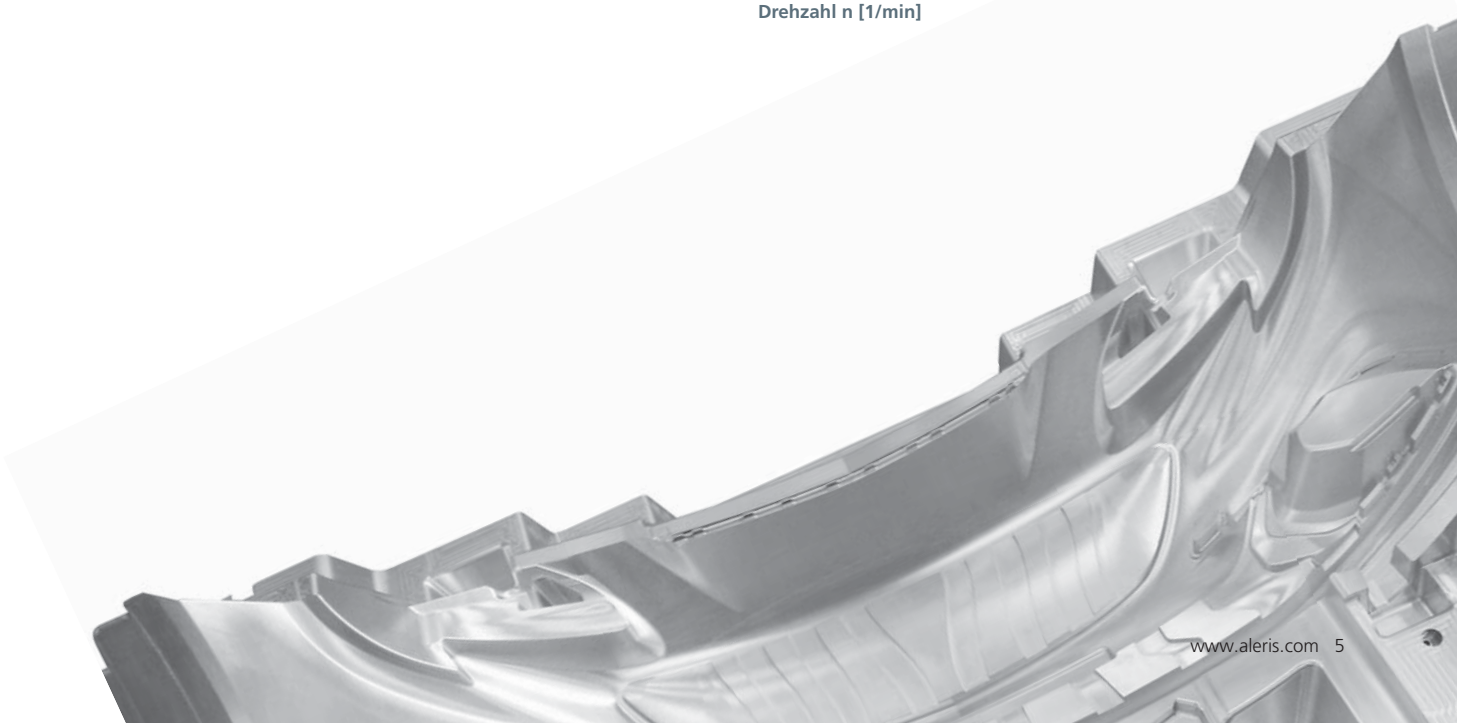
Die Härte des Grundmaterials Aluminium erlaubt im umsetzbaren Drehzahlbereich einen höheren Zahnvorschub, woraus das höhere Zeitspanvolumen resultiert.

Zeitspanvolumen Aluminium vs. Stahl

	Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
	[1/min]	[cm³/min]
Aluminium	Faktor 10	Faktor 10
Stahl	1	1

Zeitspanvolumen Aluminium vs. Stahl





WELDURAL®

VORTEILE VON WELDURAL®

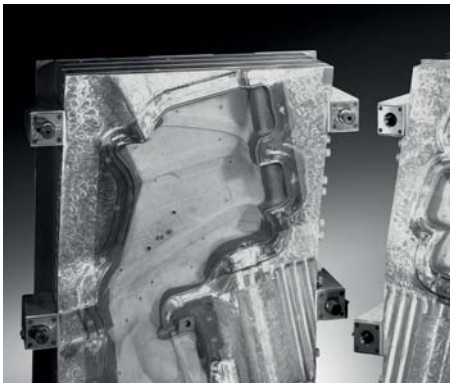
- Hohe Temperaturfestigkeit bei Langzeitwärmeeinfluss
- Gute Schweißbarkeit
- Sehr gute Wärmeleitfähigkeit
- Extrem gleichmäßige mechanische Eigenschaften über die gesamte Dicke
- Hohe Formstabilität durch geringe Eigenspannung
- Hervorragende Zerspanbarkeit

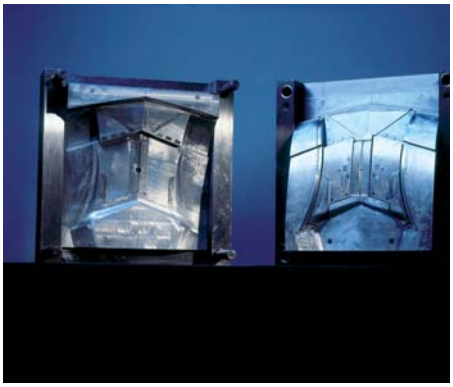
HOCHTEMPERATURFESTIGKEIT
WELDURAL® wurde entwickelt, um die bestmöglichen mechanischen Festigkeiten in einem Temperaturbereich bis 250 °C zu gewährleisten. Selbst bei Langzeitwärmeeinwirkung von mehr als 1.000 Stunden ist die Festigkeit, verglichen mit der Legierung 7075, signifikant höher.

Typische Festigkeitswerte unter Langzeittemperaturbeeinflussung[1]

Temperatur	Zugfestigkeit R_m	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Dehnung A
[°C]	[MPa]	[MPa]	[%]
24	449	335	9
100	414	324	15
150	338	276	17
200	248	200	20

[1]Gemessen auf S/4 nach 1.000 h auf Prüftemperatur; S/4 entspricht einer Dickentiefe von 25 %. Weitere Angaben auf Anfrage unter moulding@aleris.com.





Chemische Zusammensetzung [alle Angaben in Gewichts - %]

Legierung		Chemische Elemente Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Sonstige Einzeln	Sonstige Summe
WELDURAL®	min.	-	-	5,8	0,2	-	-	-	0,02	0,10	-	-
	max.	0,3	0,4	6,8	0,4	0,10	0,05	0,10	0,10	0,25	0,05	0,15

Physikalische Eigenschaften im Vergleich zu Stahl

Eigenschaft	Härte	Dichte	E-Modul	Wärmeausdehnungskoeffizient 20-100 °C	Wärmeleitfähigkeit bei Raumtemperatur	Elektrische Leitfähigkeit bei Raumtemperatur
	[HB]	[g/cm³]	[MPa]	[10^{-6}/K]	[W/(m·K)]	[MS/m]
WELDURAL®	130	2,84	73.800	22,5	130	17,4
Stahl 1.2312 (40CrMnMoS8-6)	300	7,85	215.000	12,5	35	10,3
Vergleich Al : St	1 : 2,3	1 : 2,8	1 : 2,9	1,8 : 1	3,7 : 1	1,7 : 1

Mindestfestigkeitswerte für verschiedene Dicken[1]

Dicke	Zugfestigkeit R_m	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Dehnung A
[mm]	[MPa]	[MPa]	[%]
8 - 100	415	305	5
>100 - 150	395	290	4
>150 - 180	370	270	3
>180 - 200	370	270	3
>200 - 220	370	270	3
>220 - 254	340	240	2
>254	Angaben auf Anfrage		

[1]Gemessen bei Raumtemperatur, Testrichtung LT

Typische Festigkeitswerte für verschiedene Dicken[1]

Dicke	Zugfestigkeit R_m	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Dehnung A
[mm]	[MPa]	[MPa]	[%]
8 - 100	460	350	8
>100 - 150	455	350	7
>150 - 180	445	340	6
>180 - 200	440	335	6
>200 - 220	435	330	6
>220 - 254	425	325	5
>254	Angaben auf Anfrage		

[1]Gemessen bei Raumtemperatur, Testrichtung LT

Lieferumfang

Dicke	Breite	Länge
[mm]	[mm]	[mm]
8 - 100	2.900	4.000
>100 - 115	2.900	4.000
>115 - 130	2.700	4.000
>130 - 150	2.400	4.000
>150 - 180	2.050	4.000
>180 - 200	1.850	4.000
>200 - 254	1.500	4.000

Weitere Abmessungen auf Anfrage unter moulding@aleris.com.

ZERSPANUNG VON WELDURAL®

PLANFRÄSEN

Das Planfräsen ist die gängigste Fräsbearbeitung und kann mit einer Vielzahl unterschiedlicher Werkzeuge durchgeführt werden. Planfräsen wird häufig zur Vorbereitung der späteren Werkstückgeometrie und Bearbeitung von parallelen Ebenen verwendet. Die Oberflächengüte ist im Allgemeinen ausreichend.

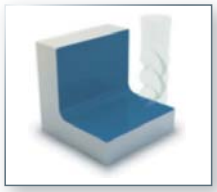
Planfräsen von WELDURAL®

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 24,5 mm]	30.500	8.428
		24.000	6.631
		15.000	4.144
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	36.000	219
		24.000	146
		15.000	91

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 9,8 mm]	68.100	8.428
		24.000	2.970
		15.000	1.856
	Schlichten [a_p = 0,2 mm]	80.000	219
		24.000	66
		15.000	41

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 200 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 4,5 mm]	3.198	6.039
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	3.357	570

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 50 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 4,5 mm]	11.498	2.839
		8.000	1.975
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	13.357	324
		8.000	194



ECKFRÄSEN

Beim Eckfräsen werden zwei Flächen gleichzeitig hergestellt. Dies erfordert Peripheriefräsen einer Außenkontur in Verbindung mit einem Planfräsvorgang. Die Herstellung einer Schulter mit einem 90°-Winkel ist eine der wichtigsten Anwendungen im Formenbau. Aufgrund der großen Anzahl an Möglichkeiten ist es wichtig, die anwendungsspezifischen Anforderungen zu berücksichtigen, um eine optimale Wahl treffen zu können.

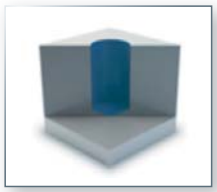
Eckfräsen von WELDURAL®

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 24,5 mm]	31.831	7.019
		24.000	5.292
		15.000	3.307
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	38.579	111
		24.000	69
		15.000	43,1

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 24,5 mm]	78.941	1.560
		24.000	474,2
		15.000	285
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	78.304	36
		24.000	11
		15.000	7

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 50 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 15 mm]	10.361	3.840
		8.000	2.964

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 32 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 10 mm]	21.685	2.320
		15.000	1.604
		8.000	855



BOHREN

Die Vorschubbewegung kann durch die Bewegung des Bohrers oder des Werkstücks erfolgen. Das Bohren ist eine oft genutzte Anwendung im Formenbau, um beispielsweise tiefe Kühlkanäle in die Werkstückgeometrie einzubringen.

Bohren von WELDURAL®

Werkzeug	Durchmesser D	Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[Bohrtiefe 6 x D]	**[mm]**	**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	12	9.629	436
	6	19.947	159
		15.000	120
[Bohrtiefe 5 x D]	**[mm]**	**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	30	1.942	784
	16	4.377	367

[1] VHM = Vollhartmetall-Werkzeug, [2] WSP = Wendeschneidplatten-Werkzeug

NUTFRÄSEN

Mit Schaftfräsern werden oft kürzere oder flachere Nuten und Taschen gefertigt. Dabei kann die Kontur gerade, schräg oder kurvig verlaufen. Mit Walzenstirnfräsern werden häufig schwerere Nutenfräsbearbeitungen durchgeführt.

Nutfräsen von WELDURAL®

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 25 mm]	23.800	11.063
		15.000	6.973
		8.000	3.718

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 10 mm]	59.100	2.120
		15.000	538
		8.000	286

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 80 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 40 mm]	6.167	14.801

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 8,3 mm]	27.502	2.720
		15.000	1.481
		8.000	789

3D FREIFORMFRÄSEN (TORISCH UND RADIUS)

Das Freiformfräsen deckt mehrachsige Fräsbearbeitungen konvexer und konkaver Formen in zwei bis drei Richtungen ab. Dabei werden Außenkonturen für Design, Form und Ästhetik des späteren Produktes berücksichtigt.
Je größer ein Werkstück und je komplizierter die zu bearbeitenden Konturen, desto wichtiger wird der Planungsprozess. Alle Vorarbeiten wie Plan- oder Eckfräsen mit mehreren Schrupp- und Schlichtvorgängen sind bereits abgeschlossen.

3D Freiformfräsen von WELDURAL®

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen flach [a_p = 5,1 mm]	20.000	200
		15.000	150
	Schlichten steil [a_p = 1,0 mm]	15.000	54
		3.183	12

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen flach [a_p = 2,0 mm]	63.300	51
		24.000	19
		15.000	12
	Schlichten steil [a_p = 1,0 mm]	73.500	34
		24.000	11
		15.000	7

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 2 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen flach [a_p = 0,41 mm]	51.900	0,44
		24.000	0,20
		15.000	0,13
	Schlichten steil [a_p = 0,28 mm]	51.885	0,35
		24.000	0,16
		15.000	0,10

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 1 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen flach [a_p = 0,20 mm]	40.000	0,04
		24.000	0,03
		15.000	0,02
	Schlichten steil [a_p = 0,02 mm]	40.000	0,04
		24.000	0,03
		15.000	0,02

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 1,25 mm]	38.400	198
		24.000	123
		15.000	77

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 0,67 mm]	64.700	47
		24.000	18
		15.000	11

BITTE BEACHTEN SIE DIE ZUSÄTZLICHEN HINWEISE ZUR SINNVOLLEN VORGEHENSWEISE BEIM FRÄSEN AUF SEITE 16 UND 17.

Alle genannten Werte sind Richtwerte.

HOKOTOL®

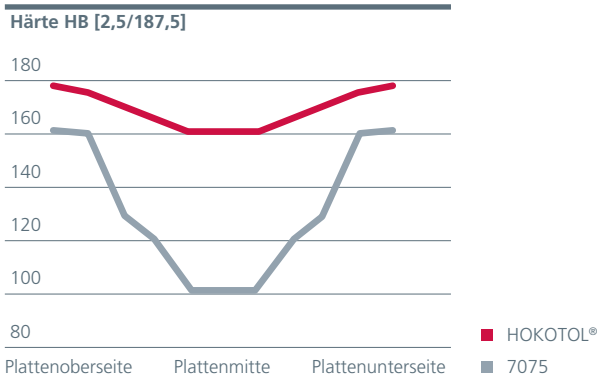
VORTEILE VON HOKOTOL®

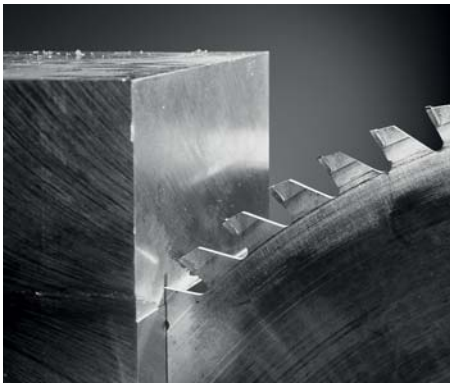
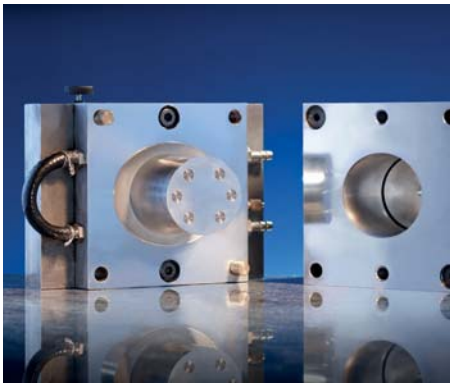
- Stabile Härteverteilung über den gesamten Dickenbereich
- Gute Schleif- und Polierbarkeit für transluzente Oberflächen
- Sehr gute Wärmeleitfähigkeit
- Extrem gleichmäßige mechanische Eigenschaften über die gesamte Dicke
- Hohe Formstabilität durch geringe Eigenspannung
- Hervorragende Zerspanbarkeit

HÄRTE

HOKOTOL® wurde entwickelt, um eine hohe Härte über die gesamte Plattendicke zu gewährleisten. Dies ist vorteilhaft, wenn Oberflächen poliert oder anderweitig bearbeitet werden. Polierte Oberflächen werden häufig bei transluzenten Bauteilen, wie Scheinwerfern oder Lampengehäusen eingesetzt.

Härte über Plattendicke



Chemische Zusammensetzung [alle Angaben in Gewichts - %]

Legierung		Chemische Elemente Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Zr	Sonstige Einzeln	Sonstige Summe
HOKOTOL®	min.	-	-	1,5	-	1,8	-	5,7	-	0,08	-	-
	max.	0,3	0,35	2,6	0,1	2,6	0,05	7,6	0,06	0,25	0,05	0,15

Physikalische Eigenschaften im Vergleich zu Stahl

Eigenschaft	Härte	Dichte	E-Modul	Wärmeausdehnungskoeffizient 20-100 °C	Wärmeleitfähigkeit bei Raumtemperatur	Elektrische Leitfähigkeit bei Raumtemperatur
	[HB]	[g/cm³]	[MPa]	[10^{-6}/K]	[W/(m·K)]	[MS/m]
HOKOTOL®	180	2,83	73.800	23,5	154	23
Stahl 1.2312 (40CrMnMoS8-6)	300	7,85	215.000	12,5	35	10,3
Vergleich Al : St	1 : 1,7	1 : 2,8	1 : 2,9	1,9 : 1	4,4 : 1	2,2 : 1

Mindestfestigkeitswerte für verschiedene Dicken[1]

Dicke	Zugfestigkeit R_m	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Dehnung A
[mm]	[MPa]	[MPa]	[%]
8 - 100	550	495	4
>100 - 140	530	475	2
>140 - 180	500	430	1
>180 - 220	490	420	1

[1]Gemessen bei Raumtemperatur, Testrichtung LT

Typische Festigkeitswerte für verschiedene Dicken[1]

Dicke	Zugfestigkeit R_m	Dehngrenze $R_{p0,2}$	Dehnung A
[mm]	[MPa]	[MPa]	[%]
8 - 100	590	545	10
>100 - 140	575	525	7
>140 - 180	565	505	6
>180 - 220	550	495	4

[1]Gemessen bei Raumtemperatur, Testrichtung LT

Lieferumfang

Dicke	Breite	Länge
[mm]	[mm]	[mm]
8 - 100	2.000	10.000
>100 - 140	1.550	7.500
>140 - 180	1.225	7.500
>180 - 190	1.150	7.200
>190 - 200	1.100	6.800
>200 - 210	1.050	6.500
>210 - 220	1.000	6.000

Weitere Abmessungen auf Anfrage
unter moulding@aleris.com.

ZERSPANUNG VON HOKOTOL®

PLANFRÄSEN

Das Planfräsen ist die gängigste Fräsbearbeitung und kann mit einer Vielzahl unterschiedlicher Werkzeuge durchgeführt werden. Planfräsen wird häufig zur Vorbereitung der späteren Werkstückgeometrie und Bearbeitung von parallelen Ebenen verwendet. Die Oberflächengüte ist im Allgemeinen ausreichend.

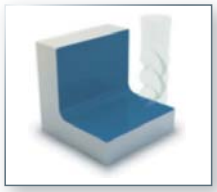
Planfräsen von HOKOTOL®

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 24,5 mm]	27.120	7.323
		24.000	6.481
		15.000	4.051
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	30.303	182
		24.000	144
		15.000	90

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 9,8 mm]	61.434	1.799
		24.000	703
		15.000	439
	Schlichten [a_p = 0,2 mm]	73.848	55
		24.000	18
		15.000	11

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 200 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 4,5 mm]	2.894	5.464
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	3.041	516

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 50 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 4,5 mm]	10.359	2.555
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	12.046	275



ECKFRÄSEN

Beim Eckfräsen werden zwei Flächen gleichzeitig hergestellt. Dies erfordert Peripheriefräsen einer Außenkontur in Verbindung mit einem Planfräsvorgang. Die Herstellung einer Schulter mit einem 90°-Winkel ist eine der wichtigsten Anwendungen im Formenbau. Aufgrund der großen Anzahl an Möglichkeiten ist es wichtig, die anwendungsspezifischen Anforderungen zu berücksichtigen, um eine optimale Wahl treffen zu können.

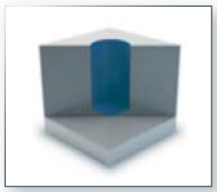
Eckfräsen von HOKOTOL®

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 24,5 mm]	28.775	6.345
		24.000	5.292
		15.000	3.308
	Schlichten [a_p = 0,5 mm]	34.887	100
		24.000	69
		15.000	43

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 9,8 mm]	71.301	1.409
		24.000	474
		15.000	296
	Schlichten [a_p = 0,2 mm]	78.304	36
		24.000	11
		15.000	7

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 100 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 15 mm]	6.175	5.420

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 50 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 15 mm]	12.478	3.509



BOHREN

Die Vorschubbewegung kann durch die Bewegung des Bohrers oder des Werkstücks erfolgen. Das Bohren ist eine oft genutzte Anwendung im Formenbau, um beispielsweise tiefe Kühlkanäle in die Werkstückgeometrie einzubringen.

Bohren von HOKOTOL®

Werkzeug	Durchmesser D	Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[Bohrtiefe 6 x D]	**[mm]**	**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	12	8.700	374
	6	18.038	474
		15.000	115
[Bohrtiefe 5 x D]	**[mm]**	**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	30	1.761	7.880
	16	3.959	315

[1] VHM = Vollhartmetall-Werkzeug, [2] WSP = Wendeschneidplatten-Werkzeug

NUTFRÄSEN

Mit Schaftfräsern werden oft kürzere oder flachere Nuten und Taschen gefertigt. Dabei kann die Kontur gerade, schräg oder kurvig verlaufen. Mit Walzenstirnfräsern werden häufig schwerere Nutenfräsbearbeitungen durchgeführt.

Nutfräsen von HOKOTOL®

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 25 mm]	21.518	10.086
		15.000	7.031
		8.000	3.750

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen [a_p = 10 mm]	53.476	1.925
		15.000	540
		8.000	288

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 80 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 40 mm]	5.769	13.500

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 8,3 mm]	24.828	2.430
		15.000	1.468
		8.000	783

3D FREIFORMFRÄSEN (TORISCH UND RADIUS)

Das Freiformfräsen deckt mehrachsige Fräsbearbeitungen konvexer und konkaver Formen in zwei bis drei Richtungen ab. Dabei werden Außenkonturen für Design, Form und Ästhetik des späteren Produktes berücksichtigt.
Je größer ein Werkstück und je komplizierter die zu bearbeitenden Konturen desto wichtiger wird der Planungsprozess. Alle Vorarbeiten wie Plan- oder Eckfräsen mit mehreren Schrupp- und Schlichtvorgängen sind bereits abgeschlossen.

3D Freiformfräsen von HOKOTOL®

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen flach [a_p = 5,1 mm]	20.000	200
		15.000	150
	Schlichten steil [a_p = 1,0 mm]	15.000	54
		2.878	10

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen flach [a_p = 2,0 mm]	63.300	51,0
		24.000	19,33
		15.000	12,08
	Schlichten steil [a_p = 0,6 mm]	66.400	30,6
		24.000	11,06
		15.000	6,91

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 2 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen flach [a_p = 0,41 mm]	51.900	0,44
		24.000	0,20
		15.000	0,13
	Schlichten steil [a_p = 0,28 mm]	51.900	0,35
		24.000	0,16
		15.000	0,10

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 1 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
VHM[1]	Schruppen flach [a_p = 0,20 mm]	40.000	0,05
		24.000	0,03
		15.000	0,02
	Schlichten steil [a_p = 0,20 mm]	40.000	0,04
		24.000	0,03
		15.000	0,02

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 25 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 1,25 mm]	34.700	179
		24.000	124
		15.000	77

Werkzeug		Drehzahl n	Zeitspanvolumen Q
[ø 10 mm]		**[1/min]**	**[cm³/min]**
WSP[2]	Schruppen [a_p = 0,67 mm]	58.400	43
		24.000	18
		15.000	11

BITTE BEACHTEN SIE DIE ZUSÄTZLICHEN HINWEISE ZUR SINNVOLLEN VORGEHENSWEISE BEIM FRÄSEN AUF SEITE 16 UND 17.

Alle genannten Werte sind Richtwerte.

BESCHICHTEN

BESCHICHTUNGSMÖGLICHKEITEN
Unabhängig von WELDURAL® und HOKOTOL® lassen sich viele Aluminiumlegierungen zur Steigerung der spezifischen Eigenschaften beschichten. Die Wahl der Beschichtung ist abhängig von der eingesetzten Legierung. So lassen sich mit WELDURAL® gute Ergebnisse beim Harteloxieren erzielen.

Nachstehend finden Sie zwei mögliche Beschichtungsverfahren für unsere Produkte WELDURAL® und HOKOTOL®.

VORTEILE

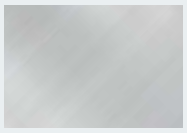
- **Steigerung der Einsatzzeit der Form**
- **Erhöhung der Anzahl der Prozesszyklen**
- **Verbesserter Korrosionsschutz**
- **Steigerung der Oberflächengüte**

CHEMISCH HARTVERNICKELN

Chemisch Nickel wird als Verschleiß- oder Korrosionsschutz eingesetzt.

Der Korrosionsschutz wird durch einen hohen Phosphorgehalt erreicht. Die Voraussetzung für dieses Verfahren ist eine bearbeitete porenfreie Oberfläche.

Erscheinungsbild:

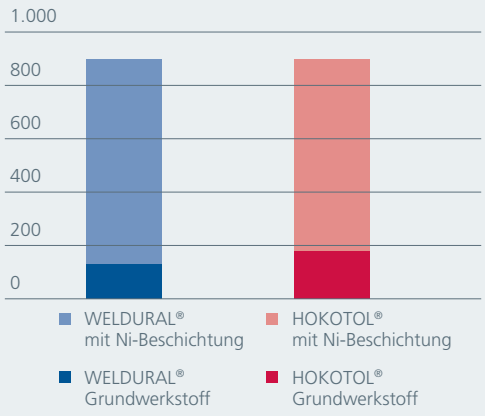


Gestrahlte Oberfläche
matt

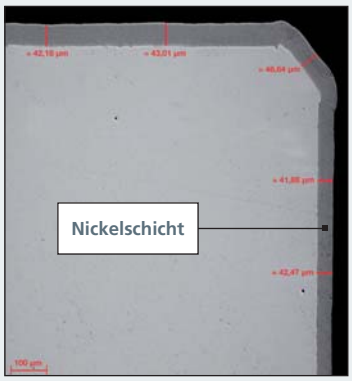
Polierte Oberfläche
glänzend

Oberfläche chemisch hartvernickelt

Vickershärte [HV 0,05]



WELDURAL® und HOKOTOL®: 900 HV

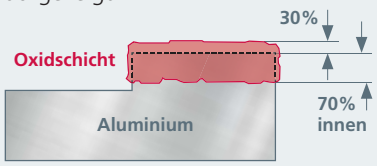


Legierung: WELDURAL®
Beschichtet von Novoplan, Aalen, Deutschland

HARTELOXIEREN

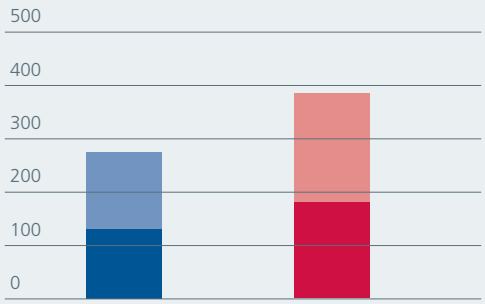
Die durch das Anodisieren aufgebrachte Schicht dient vorwiegend als Schutzschicht des Metalls gegen Korrosion und Abrieb. Dazu werden Oxidschichten erzeugt, die bei Aluminium zwischen 0,5 und 150 µm dick sein können.

Beim Harteloxieren wächst die Oxidschicht sowohl innerhalb, als auch außerhalb des Bauteils. Dieses Verhältnis wird in der nachstehenden Abbildung aufgezeigt.



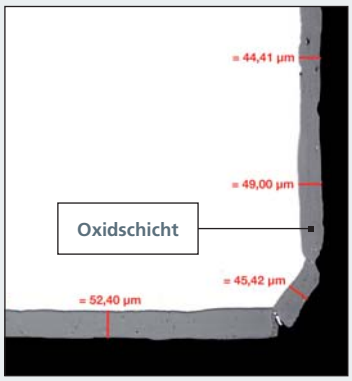
Oberfläche harteloxiert

Vickershärte [HV 0,05]



WELDURAL®: 270 HV

HOKOTOL®: 385 HV



Legierung: WELDURAL®
Harteloxiert von AHC Oberflächentechnik, Kerpen, Deutschland

POLIEREN

Beide Formenbaulegierungen HOKOTOL® und WELDURAL® weisen eine gute Polierbarkeit auf.

Im Folgenden werden typische Rauhigkeitswerte für HOKOTOL® und WELDURAL® dargestellt.

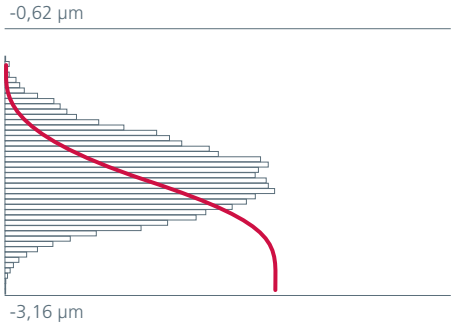
WELDURAL® und HOKOTOL® haben hervorragende mechanische Eigenschaften für eine Vielzahl von Anwendungen. Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Herstellung von Formen ist eine hervorragende Oberflächengüte für Bauteile mit ästhetischen Anforderungen. Dies kann nur erreicht werden, wenn die Oberfläche des Formmaterials eine entsprechend gut polierte Qualität aufweist. Unsere Materialien sind auch für diese Anwendungen bestens geeignet.

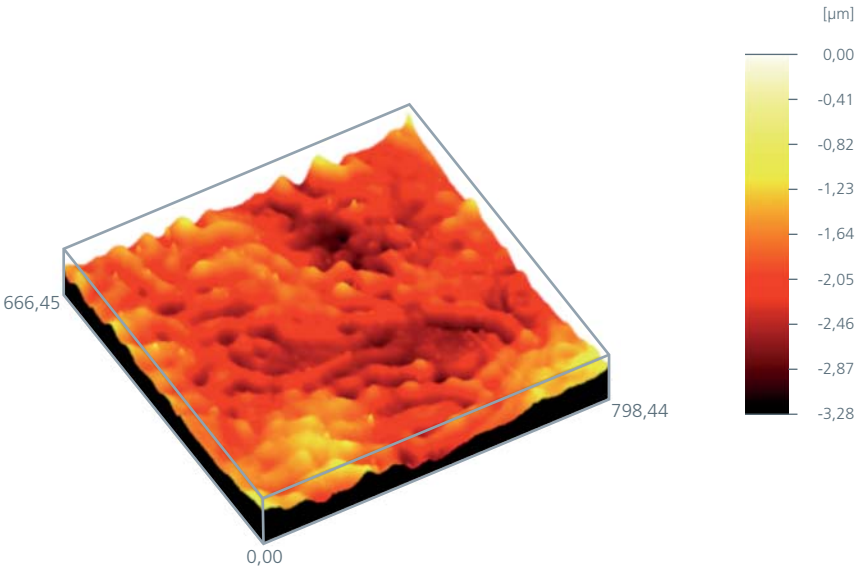
Mit Standard-Polierverfahren können wir die unten aufgeführten Rauhigkeitswerte nachweisen. Als Ergebnis können beide Legierungen für unterschiedliche Oberflächenanforderungen verwendet werden, wie z. B. hochglänzende Oberflächen (z. B. Scheinwerferwerkzeuge), strukturierte Oberflächen (z. B. Automobilinnenräume), lackierte Oberflächen und geformte Verbindungen (z. B. Außenhautwerkzeuge).

HOKOTOL®

kann sehr gut über die gesamte Plattendicke poliert werden.

Profiltiefe = 2,54 µm
Arithmetischer Mittenrauwert Fläche [S_a] = 0,21 µm
Quadratischer Mittenrauwert Fläche [S_q] = 0,26 µm

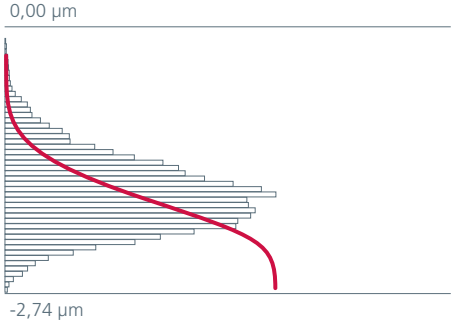


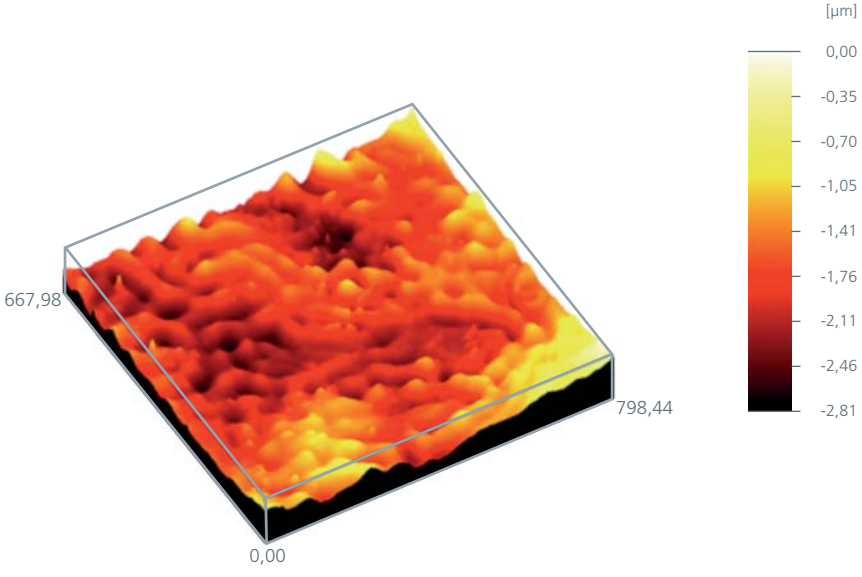


WELDURAL®

zeigt auch gute Polierergebnisse in dem randnahen Bereich auf.

Profiltiefe = 2,74 µm
Arithmetischer Mittenrauwert Fläche [S_a] = 0,21 µm
Quadratischer Mittenrauwert Fläche [S_q] = 0,26 µm





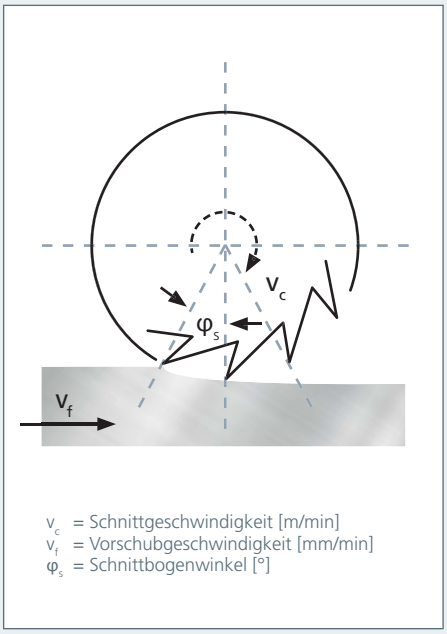
TIPPS UND TECHNIK

SINNVOLLE VORGEHENSWEISE BEIM FRÄSEN

1. **Max. realisierbare Zähnezahl [z] festlegen** (vom Durchmesser und Spankammergröße abhängig)
2. **Sinnvollen Zahnvorschub [f_z] wählen** (in Abhängigkeit von der Größe der Spankammer, Zahnvorschub nicht zu gering, da sonst das Werkzeug mehr schleift als schneidet (Mindestspanungsdicke und Spindeldrehmoment beachten))
3. **Max. mögliche Vorschubgeschwindigkeit [v_f] der Maschine bestimmen** (welche Geschwindigkeit ist bei gerade noch akzeptabler Konturgenauigkeit realisierbar – Achtung: hängt stark von den jeweiligen Konturen (Streckenlängen und Richtungsänderungen) ab und kann für Schrupp- und Schlichtoperationen unterschiedlich sein – Test an einer einfachen Eckenkontur durchführen)
4. Aus z, f_z, v_f die resultierende **Drehzahl bestimmen**: $n = v_f / (f_z \cdot z)$
5. Aus Drehzahl [n] die **Schnittgeschwindigkeit bestimmen**: $v_c = \pi \cdot D_c \cdot n / 1.000$
6. Für diese Schnittgeschwindigkeit einen passenden **Schneidstoff** so **wählen**, dass die Werkzeugstandzeit bzw. die Werkzeugkosten akzeptabel sind
7. Stets berücksichtigen: **Maschinenkosten** (bzw. Stückzeit und Durchsatz / Zeit) **vs. Werkzeugkosten** – hier gilt es, ein Optimum bei unverändertem Zahnvorschub und Drehmoment zu finden.

WICHTIGE ZUSAMMENHÄNGE BEIM FRÄSEN

- Schnittkraft:
  $F_c \sim k_c \cdot a_p \cdot h$ [N]
- Schnittleistung:
  $P_c = F_c \cdot v_c$ [W]
- Drehmoment:
  $M_c = F_c \cdot D_c / 2$ [Nm]
- Zahnvorschub:
  (bei $a_e/D_c = 0,5 = h_{max}$):
  $f_z = v_f / (z \cdot n)$ [mm]
- Schnittbogenwinkel:
  $\varphi_s = \text{arc cos } [1- (2 \cdot a_e / D_c)]$ [°]
- Spandicke:
  $h \sim f_z \cdot a_e / (\varphi_s \cdot D_c)$ [mm]
- Vorschubgeschwindigkeit:
  $v_f = f_z \cdot z \cdot n$ [mm/min]
- Hauptzeit:
  $t_H \sim 1 / v_f$ [min]
- Schnittgeschwindigkeit:
  $v_c = \pi \cdot D_c \cdot n / 1.000$ [m/min]
- Spindeldrehzahl:
  $n = v_c \cdot 1.000 / (\pi \cdot D_c)$ [1/min]
  Bei vorgegebener Schnittgeschwindigkeit für eine bestimmte Werkzeugstandzeit
- Oberflächengüte:
  $R_{kin} \sim h \cdot D_c / z$ [µm]
  Je größer R_{kin}, desto welliger bzw. rauer ist die Oberfläche



v_c = Schnittgeschwindigkeit [m/min]
v_f = Vorschubgeschwindigkeit [mm/min]
φ_s = Schnittbogenwinkel [°]

k_c = Werkstoffkonstante
a_p = axiale Zustellung [mm]
a_e = radiale Zustellung [mm]
D_c = Werkzeugdurchmesser [mm]
φ_s = Schnittbogenwinkel [°]
z = Schneidenzahl des Werkzeugs

ZUSÄTZLICHE HINWEISE

Generell muss berücksichtigt werden, dass es sich bei den aufgeführten Schnittdaten um Richtwerte handelt. Es wurden stabile Prozesse mit kurzen Auskraglängen und Hartmetalle bzw. beschichtete Hartmetalle als Schneidstoffe berücksichtigt.

Die Umsetzbarkeit hängt unter anderem von den folgenden **Einflussfaktoren** ab:

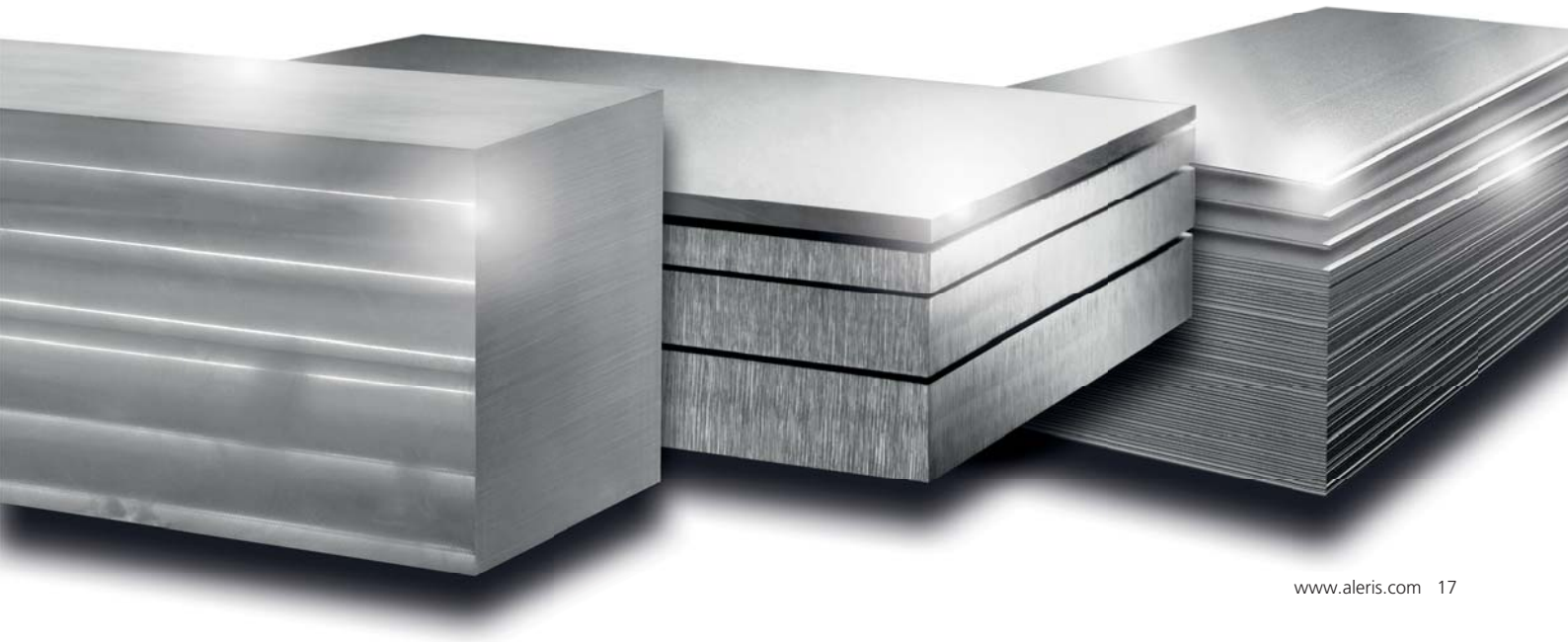
- **Verschleißzustand** des Werkzeugs
- **Oberflächenzustand** des Werkstücks (z. B. Vorbearbeitung, Walzhaut etc.)
- Tatsächliche **Härte** des Werkstücks (hier sind mittlere Härtewerte angenommen)
- **Kühlschmierung** (hier stets KSS genutzt)
- **Stabilität** des Gesamtsystems (Werkstück, Spannvorrichtung, Werkzeug (Durchmesser, Auskraglänge, Hartmetallsorte) mit Werkzeugaufnahme, Hauptspindel und Maschinenkomponenten)
- **Aufbau der Maschine** (z. B. horizontale oder vertikale Bearbeitung)
- **Leistungskenndaten** der Hauptspindel (verfügbares Drehmoment)
- **Schnittstrategie** (Schnittaufteilungen – hier sind die angegebenen Standardwerte berücksichtigt, so können z. B. durch das sogenannte trochoidale Fräsen zusätzliche Leistungssteigerungen möglich werden)

Sollten die angegebenen Drehzahlen maschinenseitig nicht möglich sein, so ist die maximal verfügbare Drehzahl bei unverändertem Zahnvorschub zu wählen. Das Drehmoment bleibt unverändert.

Zunehmende Werkstückhärte sowie Schnittgeschwindigkeit erhöhen den Werkzeugverschleiß bzw. verringern die Werkzeugstandzeit. Eine Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit steigert zwar das Zeitspanvolumen, erhöht aber auch den Werkzeugverschleiß. Für die Aluminiumlegierungen wurde ein mittlerer Härtegrad zugrunde gelegt. Generell hat bei den Richtdaten eine höhere Härte eine Reduktion der Schnittgeschwindigkeit zur Folge (zunehmender Werkzeugverschleiß).

Der Zahnvorschub sollte wegen des Spanvolumens und der notwendigen Spankammergröße des Werkzeuges nicht erhöht werden. Werden sehr lang auskragende Werkzeuge eingesetzt, kann es zu Schwingungserscheinungen, zu einem sogenannten Rattern kommen. Auch hier sind die Schnittdaten (primär die axiale Zustellung a_p und ggf. die radiale Zustellung a_e) anzupassen. Dabei spielt die Wahl der richtigen Drehzahl in Verbindung mit der axialen Zustellung eine wesentliche Rolle (sogenannte Rattersäcke). Dies ist allerdings sehr stark von den jeweiligen dynamischen Systemeigenschaften (Nachgiebigkeitsfrequenzgänge) abhängig. Auch hier sollte der Zahnvorschub bzw. Umdrehungsvorschub zur Gewährleistung eines guten Zerspanungsprozesses nicht reduziert werden.

Zusätzliche Hinweise, technische Beratung und Unterstützung gerne auf Anfrage unter moulding@aleris.com.



SENKUNG DER FORM-KOSTEN

Die Form-Kosten lassen sich durch die Addition folgender Posten ermitteln:

- Werkstoffe
- Form-Komponenten (Beschläge und Zubehörteile, Führungen und Heizkänale, ...)
- Betriebskapital
- Spanende Bearbeitung (Werkzeuge und Schmierstoffe / Einrichten der Anlage und der Form, ...)

MATERIALKOSTEN

Obgleich das Dichteverhältnis von Aluminium zu Stahl 1:3 beträgt, muss man bei Aluminiumlegierungen eine höhere Dicke verwenden. Damit beträgt die erwartete Gewichtsersparnis in Wirklichkeit etwa die Hälfte des originären Stahlteils.

In Fällen, in denen Aluminium allein die erforderlichen mechanischen Eigenschaften nicht erfüllen kann, ist es möglich, eine aus Aluminium- und Stahlteilen gefertigte Form zu verwenden.

KOSTEN VON FORM-KOMPONENTEN

- Standard-Stahlkomponenten können problemlos zusammen mit Aluminiumkomponenten verwendet werden.
- Die meisten Aluminiumformen haben auch Stahlkomponenten.

Somit sind die Kosten der Komponenten für Aluminium- und Stahlformen identisch.

BETRIEBSKAPITAL

Aluminiumformen werden in kürzerer Zeit gefertigt, weshalb sich erhebliche finanzielle Vorteile erzielen lassen.

Senkung der Form-Kosten – Aluminium vs. Stahl

	Bedienelement Waschmaschine	Gepäckfach Motorrad	Türverkleidungselement PKW
Legierung	HOKOTOL®	WELDURAL®	HOKOTOL®
Oberfläche	spiegelnd	walzglatt	photo-geätzt
Kunststofftyp	ABS	PP + 20 % Talkum	PP
Vorgesehene Werkzeugzyklen	300.000	40.000	100.000
Vorteil gegenüber Stahl 1.2311			
Kosten	33 %	25 %	24 %
Fertigungszeit	3 Wochen	2 Wochen	2 Wochen

Beispiele von Formen und deren Herstellung

	Blumenständer	Schwenkhebel
Gewicht je Stück	0,022 kg	0,055 kg
Bisher produziert	700.000 Stück	1.000 Stück
Kunststofftyp	PP	PA6 + 30 % GF
Fertigungsverfahren	Spritzguss	Spritzguss
Einspritztemperatur	225 °C	235 °C
Formtemperatur	25 - 30 °C	80 °C
Einspritzdruck	600 bar	800 bar
Formmaterial	Aluminium 7075 und Stahl 37	Aluminium 7075 und Stahl 37

Einsparungen / Vorteile bei Verwendung einer Form aus einer Aluminium-Stahl-Kombination im Vergleich zu einer Form aus Stahl

	Blumenständer	Schwenkhebel
Gewicht der Form	– 42 %	– 54 %
Materialpreis	– 47 %	– 50 %
Bearbeitungskosten	– 33 %	– 24 %
Produktion / min	+ 35 %	+ 10 %
Stückpreis	– 33 %	– 9 %

IHR ZUVERLÄSSIGER PARTNER

Aleris Global Headquarters
25825 Science Park Drive - Suite 400
Cleveland, OH 44122-7392 · USA
T +1 216 910 3400

Aleris Rolled Products Germany GmbH
Carl-Spaeter-Straße 10
56070 Koblenz · Germany
T +49 261 891 7296 / 7545

moulding@aleris.com
www.aleris.com

Mit Sorgfalt wurde auf die Richtigkeit der hier gegebenen Informationen geachtet. Obwohl alle hier aufgeführten Informationen und Empfehlungen nach bestem Wissen und Gewissen übermittelt wurden, übernehmen wir keinerlei Garantie oder Gewährleistung, ausdrücklich oder stillschweigend, (i) weder dass unsere Produkte Ihren individuellen Anforderungen genügen, noch (ii) dass die hierin beschriebenen Ergebnisse unter Endanwendungsbedingungen erzielt werden, noch (iii) was die Leistungsfähigkeit / Wirksamkeit oder Sicherheit unserer Produkte, Dienstleistungen oder Empfehlungen anbetrifft. Mit Ausnahme der in unseren Allgemeinen Geschäftsbedingungen verankerten Bestimmungen, sind wir für erlittene Verluste und Schäden, die sich aus der Benutzung der hier aufgeführten Produkte oder der Inanspruchnahme unserer Dienstleistungen ergeben, verantwortlich. Die hier aufgeführten Materialien, Produkte und Dienstleistungen werden ausschließlich unter Geltung unserer Allgemeinen Geschäftsbedingungen verkauft, die unter https://www.aleris.com/locations eingesehen werden können oder auf Wunsch zugestellt werden.

© 2018, Aleris Corporation
Ausgabe 08/18 · 2. Auflage