MAXIL®

VERARBEITUNGSHINWEISE

für Stähle der MAXIL®-Serie

PROCESSING INSTRUCTIONS

for Steels of the MAXIL®-Series

ILSENBURGER GROBBLECH

Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe

Ausgabe / *Edition* - 10/26

INHALT
CONTENT

MAXIL® Stähle überzeugen durch ihre gleichbleibend hohe Blechqualität. Dank unserer modernen Wärmebehandlungslinie werden die Gefügeeigenschaften über definierte Kühlstrategien mit einer gezielt auf die Bleche abgestimmten Wasserverteilung exakt eingestellt. Das Strahlen der Bleche vor der Wärmebehandlung sowie die Erwärmung in einem energetisch hocheffizienten Ofen in Stickstoffatmosphäre verhindern ein erneutes Verzundern und sorgen für homogene Eigenschaften und hervorragende Oberflächenqualitäten.

MAXIL® steels impress with their consistently high plate quality. Thanks to our modern heat treatment line, the microstructural properties are precisely adjusted using defined cooling strategies with water distribution specifically tailored to the plates. Blasting the plates before heat treatment and heating them in an energy-efficient furnace in a nitrogen atmosphere prevents re-scaling and ensures homogeneous properties and excellent surface qualities.

In diesen Verarbeitungshinweisen wird das MAXIL®-Gütenspektrum abgebildet. Dieses beinhaltet:

These processing instructions cover the entire range of MAXIL® *grades. This includes:*

MAXIL® 690Q/QL/QL1
MAXIL® 890Q/QL/QL1
MAXIL® 960Q/QL
MAXIL® 1100QL
MAXIL® 1300QL

Hinsichtlich der Verarbeitung von hochfesten Stählen der MAXIL®-Serie finden Sie Hinweise zu folgenden Themen:

With regard to the processing of high-strength steels from the MAXIL® series, you will find information on the following topics:

Spanabhebende Bearbeitung / *Machining* 3
Umformung / *Forming* 5
Trennen / *Cutting* 7
Schweißen / *Welding* 9

Bei Fragen zu Verarbeitungsprozessen, die nicht in dieser Broschüre aufgeführt sind, sprechen Sie uns bitte direkt an.

For questions concerning processing methods which are not described in this brochure, please contact us directly.

SPANABHEBENDE BEARBEITUNG
MACHINING

Die hochfesten, wasservergüteten Stähle der MAXIL®-Serie weisen aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Gefügeausbildung sehr hohe Festigkeits- und Härtewerte auf. Da dies eine einfache Zerspanung erschwert, sollten nachfolgende Randbedingungen im Hinblick auf die Erzielung guter Verarbeitungsergebnisse eingehalten werden.

The high-strength, water-quenched steels of the MAXIL® series exhibit very high strength and hardness values due to their chemical composition and microstructure. As this makes machining difficult, the following conditions should be observed in order to achieve good processing results.

GRUNDSÄTZLICH GILT:

/ Bohrer mit konischem Zapfen, langem Drall und kurzer Schneidlänge verwenden
/ Werkstück fest und möglichst nah an der Bohrstelle einspannen
/ Stahl als Bohrunterlage wählen
/ Vibrationen vermeiden
/ Kühlmittel verwenden
/ Mit relativ hoher Drehzahl bohren

THESE PRINCIPLES APPLY:

/ Use drills with tapered cones, long twist and short cutting length
/ Set up the workpiece firmly and as close as possible to the drilling point
/ Select steel as supporting basis
/ Avoid vibrations
/ Use coolant
/ Drill with relatively high revolutions

AUSWAHL DER BOHRER

Die Güte MAXIL® 690 kann mit Schnellarbeitsstählen HSS gebohrt werden. Für höhere Güten sollten kobaltlegierte Schnellarbeitsstähle vom Typ HSSCO oder Hartmetallbohrer (möglichst mit Kühlschmierstoff durch das Werkzeug) genutzt werden.

SELECTION OF DRILLS

Steel grade MAXIL® 690 can be drilled with high-speed steel HSS. For higher grades cobalt-alloyed high-speed steel HSSCO or hard metal alloy drills (if possible, with cooling lubricant through the tool) should be used.

ZERSPANUNGSPARAMETER (RICHTWERTE) / *MACHINING PARAMETERS (STANDARD VALUES)*

Stahlsorte / *Steel Grade*	Bohrer / *Drill*	Durchmesser / *Diameter* [mm]	Schnittgeschwindigkeit / *Cutting speed [m/min]*	Drehzahl [U/min] / *Revolution* [tours/min]	Vorschub mm/U] / *Feed* [mm/tour]
MAXIL® 690	HSS	5	5 - 10	320 - 630	0,05 - 0,10
		15	5 - 10	110 - 210	0,10 - 0,15
		25	5 - 10	60 - 120	0,15 - 0,20
	HSSCO	5	15 - 20	960 - 1.270	0,10 - 0,15
		15	15 - 20	320 - 420	0,15 - 0,20
		25	15 - 20	190 - 250	0,30 - 0,35

Ausgabe / *Edition* - 10/26

Stahlsorte / *Steel Grade*	Bohrer / *Drill*	Durchmesser / *Diameter* [mm]	Schnittgeschwindigkeit / *Cutting speed [m/min]*	Drehzahl [U/min] / *Revolution* [tours/min]	Vorschub mm/U] / *Feed* [mm/tour]
MAXIL® 890 MAXIL® 960	HSSCO	5	10 - 15	640 - 950	0,05 - 0,10
		15	10 - 15	210 - 320	0,10 - 0,15
		25	10 - 15	130 - 190	0,15 - 0,20
	Hartmetall / *Hard Metal Alloy*	5	70 - 110	4.450 - 7000	0,10 - 0,15
		15	70 - 110	1.480 - 2.330	0,15 - 0,20
		25	50 - 70	630 - 890	0,20 - 0,25
MAXIL® 1100	HSSCO	5	5 - 10	310 - 630	0,05 - 0,10
		15	5 - 10	100 - 210	0,10 - 0,15
		25	5 - 10	60 - 120	0,15 - 0,20
	Hartmetall / *Hard Metal Alloy*	5	60 - 100	3.820 - 6.360	0,10 - 0,15
		15	60 - 100	1.270 - 2.120	0,15 - 0,20
		25	50 - 70	630 - 890	0,20 - 0,25
MAXIL® 1300	HSSCO	5	5 - 8	320 - 500	0,05 - 0,10
		15	5 - 8	100 - 170	0,10 - 0,15
		25	5 - 8	60 - 100	0,15 - 0,20
	Hartmetall / *Hard Metal Alloy*	5	70 - 90	4.450 - 5.130	0,10 - 0,15
		15	70 - 90	1.480 - 1.900	0,15 - 0,20
		25	50 - 60	630 - 760	0,20 - 0,25

UMFORMUNG
FORMING

WARMUMFORMUNG

Die wasservergüteten, hochfesten Stähle der MAXIL®-Serie sind vorwiegend für die Kaltformgebung bestimmt. Eine Warmformgebung ist generell möglich. Da dabei der Gefügezustand verändert wird, ist jedoch eine nachträgliche, dem jeweiligen Lieferzustand entsprechende Wasservergütung zwingend erforderlich, um die ursprünglichen Werkstoffeigenschaften wiederherzustellen.

HOT FORMING

The water-quenched, high-strength steels of the MAXIL® series are primarily intended for cold forming. Hot forming is generally possible. However, since this changes the microstructure, subsequent water quenching in accordance with the respective delivery condition is absolutely necessary in order to restore the original material properties.

KALTUMFORMUNG

Die Einstellung enger Analysespannen und eines hohen Reinheitsgrades sowie das niedrige Eigenspannungslevel unserer Stähle liefern beste Voraussetzungen für optimale Biegeeigenschaften. Kaltbiegen und Abkanten sind die klassischen Kaltumformgebungsverfahren für hochfeste Stähle. Dabei muss berücksichtigt werden, dass mit zunehmender Festigkeitsklasse das Fließen des Werkstoffes behindert wird und Risse entstehen können. Hinzu kommt, dass die hohen Streckgrenzen einen höheren Kraftaufwand bei der Umformung erfordern und dass infolge des höheren Anteils der elastischen Dehnung an der Gesamtdehnung mit verstärkter Rückfederung zu rechnen ist.

COLD FORMING

The setting of narrow analysis ranges and a high degree of purity, as well as the low residual stress level of our steels, provide the best conditions for optimal bending properties.
Cold bending and folding are the classic cold forming processes for high-strength steels. It must be taken into account that as the strength class increases, the flow of the material is impeded and cracks can occur. In addition, the high yield strengths require greater force during forming, and increased springback can be expected due to the higher proportion of elastic elongation in the total elongation.

HINWEISE FÜR DIE KALTUMFORMUNG

/ Oberfläche muss riefenfrei sein
/ Grate müssen entfernt werden
/ Aufgehärtete Brennkanten oder durch Scheren stark kaltverfestigte Kanten sollten beseitigt werden
/ Werkstoff sollte bei Raumtemperatur verformt werden
/ Matrizen sollten geschmiert werden
/ Falls notwendig, empfiehlt sich ein Biegen in mehreren Schritten
/ Auf Sauberkeit von Werkzeugoberflächen ist zu achten

INSTRUCTIONS FOR COLD FORMING

/ Surfaces must be free from grooves
/ Burrs must be removed
/ Hardened flame cut edges and edges work-hardened by shears should be removed
/ Steel should be formed at room temperature
/ Dies should be lubricated
/ If necessary, bending in several steps is recommended
/ Ensure that tool surfaces are clean

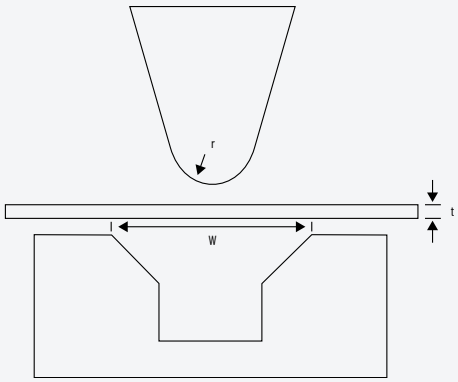
Ausgabe / *Edition* - 10/26

MINDESTBIEGERADIEN r IN ABHÄNGIGKEIT DER BLECHDICKE t IM 90°-V-GESENK FÜR HOCHFESTE STÄHLE / *MINIMUM BENDING RADII r DEPENDING ON PLATE THICKNESS t IN 90° V STEEL DIES FOR HIGH STRENGTH STEELS*

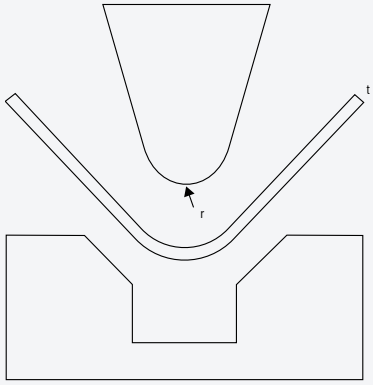
Stahlsorte / *Steel Grade*	t ≥ 6 mm ≤ 10 mm				t > 10 mm ≤ 15 mm				t > 15 mm ≤ 20 mm			
	Quer / *Transverse*		Längs / *Longitudinal*		Quer / *Transverse*		Längs / *Longitudinal*		Quer / *Transverse*		Längs / *Longitudinal*	
	r/t	W/t*	r/t	W/t*	r/t	W/t*	r/t	W/t*	r/t	W/t*	r/t	W/t*
MAXIL® 690	2,0	7	2,5	8	2,5	8	3,0	9	2,5	8	3,0	9
MAXIL® 890	2,5	8	3,0	9	2,5	8	3,0	9	3,0	9	3,5	10
MAXIL® 960	2,5	8	3,0	9	2,5	8	3,0	9	3,0	9	3,5	10
MAXIL® 1100	3,0	9	3,5	10	3,0	9	3,5	10	-	-	-	-
MAXIL® 1300	3,5	10	4,0	11	3,5	10	4,0	11	-	-	-	-

*$W = 3t + 2r \rightarrow \frac{W}{t} = 3 + 2^* \frac{r}{t}$

DARSTELLUNG DES BIEGEVORGANGS IM 90°-V-GESENK / *DIAGRAM OF BENDING PROCESS IN 90° V STEEL DIES*



Vor dem Biegen / *Before bending*



Nach dem Biegen / *After bending*

TRENNEN
CUTTING

Die Vergütungsstähle der MAXIL®-Serie zeichnen sich durch hohe Festigkeit, Reinheit und Homogenität aus. Durch Auswahl geeigneter Trennverfahren und Einstellung passender Schneidparameter lassen sie sich sicher, wirtschaftlich und qualitativ hochwertig schneiden. Neben dem klassischen autogenen Brennschneiden gewinnen, insbesondere im unteren Dickenbereich, das Laser- und Plasmaschneiden zunehmend an Bedeutung. Für höchste Schnittqualitäten ohne Wärmeeinflusszone kann das Wasserstrahlschneiden in Betracht gezogen werden. Die untenstehende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung des autogenen Brenn- , Plasma-, Laser- und Wasserstrahlschneidens.

The MAXIL® series of heat-treated steels are characterized by high strength, purity, and homogeneity. By selecting suitable cutting methods and setting appropriate cutting parameters, they can be cut safely, economically, and to a high standard of quality. In addition to traditional oxyfuel cutting, laser and plasma cutting are becoming increasingly important, especially for thinner materials. Waterjet cutting can be considered for the highest cutting quality without a heat-affected zone. The table below shows a comparison of oxyfuel cutting, plasma cutting, laser cutting, and waterjet cutting.

Kriterium / ***Criterion***	**Autogen /** ***Oxyfuel***	**Plasma /** ***Plasma***	**Laser /** ***Laser***	**Wasserstrahl /** ***Water jet***
Blechdicken / ***Plate thicknesses***	ab ca. 10 mm / *from approx. 10 mm*	bis ca. 50 mm / *up to approx. 50 mm*	bis ca. 25 mm / *up to approx. 25 mm*	unbegrenzt / *unlimited*
Schnittgeschwindigkeit* / ***Cutting speed****	niedrig / *low*	mittel / *medium*	hoch / *high*	mittel / niedrig / *medium / low*
Schnittqualität / ***Cutting quality***	grob / *rough*	mittel / *medium*	hoch / *high*	sehr hoch / *very high*
Wärmeeinflusszone (WEZ) / ***Heat-affected zone (HAZ)***	breit / *wide*	mittel / *medium*	schmal / *narrow*	keine / *none*
Rissrisiko / ****Risk of cracking****	hoch / *high*	mittel / *medium*	niedrig / *low*	kein / *none*
Entfestigungsrisiko / ****Risk of softening****	hoch / *high*	mittel / *medium*	niedrig / *low*	kein / *none*

*abhängig von Blechdicke, insbesondere beim Wasserstrahlschneiden mit zunehmender Blechdicke deutlich niedriger. / *depending on plate thickness, especially in water jet cutting, significantly lower with increasing plate thickness.*
** abhängig von Werkstoffgüte und Blechdicke / *depending on material grade and plate thickness*

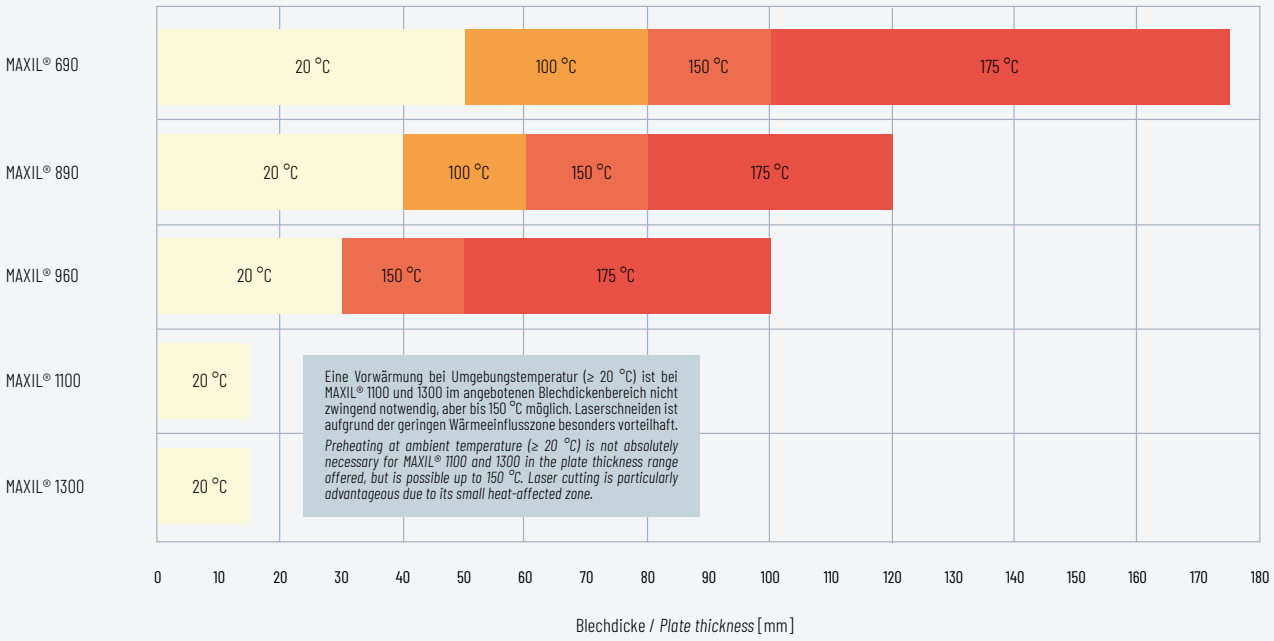
VORWÄRMEN

Bei thermischen Trennverfahren können durch die hohe Wärmeeinbringung und schnelle Abkühlung Aufhärtungen und Eigenspannungen an der Brennkante entstehen, die zu einem erhöhtem Rissrisiko führen. Diese Gefahr steigt mit zunehmender Blechdicke und Festigkeit der jeweiligen Stahlgüte. Ein probates Mittel, um dieser Rissbildung entgegenzuwirken, ist das Vorwärmen. Die damit verbundene, langsamere Abkühlung und geringere Aufhärtung senkt nicht nur das Risiko für Risse, sie verbessert auch die anschließende mechanische Bearbeitung und das Verformungsvermögen.

PREHEATING

In thermal cutting processes, the high heat input and rapid cooling can cause hardening and internal stresses at the thermal cutting edge, which lead to an increased risk of cracking. This risk increases with greater plate thickness and strength of the respective steel grade. A proven means of counteracting this cracking is preheating. The associated slower cooling and lower hardening not only reduces the risk of cracks, but also improves subsequent mechanical processing and formability.

MINDESTVORWÄRMTEMPERATUREN BEIM THERMISCHEN TRENNEN / *MINIMUM PREHEATING TEMPERATURES FOR THERMAL CUTTING*



HINWEISE FÜR DAS THERMISCHE TRENNEN

/ Die Vorwärmtemperatur sollte grundsätzlich mindestens 20 °C und höchstens 230 °C (bzw. 200 °C bei MAXIL® 1100 und 1300) betragen
/ Vorwärmung in einem Bereich von ca. 80 bis 100 mm entlang der zu schneidenden Kante
/ Vermeiden scharfkantiger Übergänge, die potenzielle Kerben mit Spannungsüberhöhungen darstellen
/ Beschleifen aufgehärteter Schnittkanten vor dem Kaltumformen. Gestrahlte und geprimerte Bleche liefern die besten Ergebnisse für eine saubere Schnittkante, v. a. für das Laserschneiden
/ Je dünner und filigraner die Bauteile und je höher die Festigkeit, desto besser eignet sich das Laserschneiden
/ Neben dem klassischen Vorwärmen über Gasbrenner bieten elektrische Vorwärmmatten eine geeignete Alternative

INSTRUCTIONS FOR THERMAL CUTTING

/ The preheating temperature should always be at least 20 °C and no more than 230 °C (for MAXIL® 1100 and 1300: 200 °C)
/ Preheat in an area of approx. 80 to 100 mm along the edge to be cut
/ Avoid sharp-edged transitions, which represent potential notches with stress concentrations
/ Grind hardened cutting edges before cold forming. Blasted and primed plates deliver the best results for a clean cut edge, especially for laser cutting
/ The thinner and more delicate the components and the higher the strength, the more suitable laser cutting becomes
/ In addition to classic preheating with gas burners, electric preheating mats offer an appropriate alternative

SCHWEISSEN
WELDING

Die hochfesten Stähle der MAXIL®-Serie können mit allen gängigen Schweißverfahren verarbeitet werden, sowohl automatisch als auch manuell. Das Schutzgasschweißen ist aufgrund des geringen Wärmeeintrags in den meisten Fällen zu bevorzugen. Bei dünneren Blechen ist das Laserstrahlschweißen besonders vorteilhaft, da es hohe Schweißgeschwindigkeiten und eine sehr schmale Wärmeeinflusszone (WEZ) ermöglicht.
Die Wahl der Schweißparameter ist entscheidend für die Qualität der Naht und die Vermeidung von Fehlern. So führen hohe Abkühlgeschwindigkeiten zu hohen Härten in der WEZ und erhöhen die Kaltrissgefahr. Kaltrisse zählen zu den größten Risiken beim Schweißen hochfester Stähle. Sie entstehen, wenn der im Schweißgut vorhandene Wasserstoff bei zu schneller Abkühlung nicht entweichen kann. Durch die Rekombination von atomarem zu molekularem Wasserstoff entstehen lokale Druckspannungen, die zur Rissbildung beitragen können. Neben einem hohen Wasserstoffgehalt erhöht sich die Gefahr durch hohe Eigenspannungen, ungünstigen Wärmeeintrag und ein hohes Kohlenstoffäquivalent (CET) des Grundwerkstoffs.

The high-strength steels of the MAXIL® series can be processed using all common welding methods, both automatic and manual. Gas metal arc welding is preferable in most cases due to the low heat input. Laser beam welding is particularly advantageous for thinner plates, as it enables high welding speeds and a very narrow heat-affected zone (HAZ).

The choice of welding parameters is crucial for the quality of the seam and the prevention of defects. High cooling rates lead to high hardness in the HAZ and increase the risk of cold cracks. Cold cracks are one of the greatest risks when welding high-strength steels. They occur when the hydrogen present in the weld metal cannot escape if cooling is too rapid. The recombination of atomic hydrogen into molecular hydrogen creates local compressive stresses that can contribute to cracking. In addition to a high hydrogen content, the risk is increased by high internal stresses, unfavorable heat input, and a high carbon equivalent (CET) of the base material.

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \quad \text{in \%}$$

VERHINDERN VON KALTRISSEN

Kaltrisse können wirksam verhindert werden, indem folgende Regeln berücksichtigt werden:
/ Vorwärmen: eine der wirksamsten Maßnahmen zur Vermeidung von Kaltrissen. Durch die langsamere Abkühlung wird der Austritt von Wasserstoff erleichtert, sowie die Aufhärtung des Gefüges und das Eigenspannungslevel reduziert. Grundsätzlich sollten alle Bauteile mindestens auf Raumtemperatur (ca. 20 °C) erwärmt werden. Je höher das CET, die Blechdicke und der Wasserstoffgehalt im Schweißgut und je geringer die Wärmeeinbringung, desto höher sollte die gewählte Vorwärmtemperatur sein.
/ Die Nahtfugen sollten trocken und sauber sein.

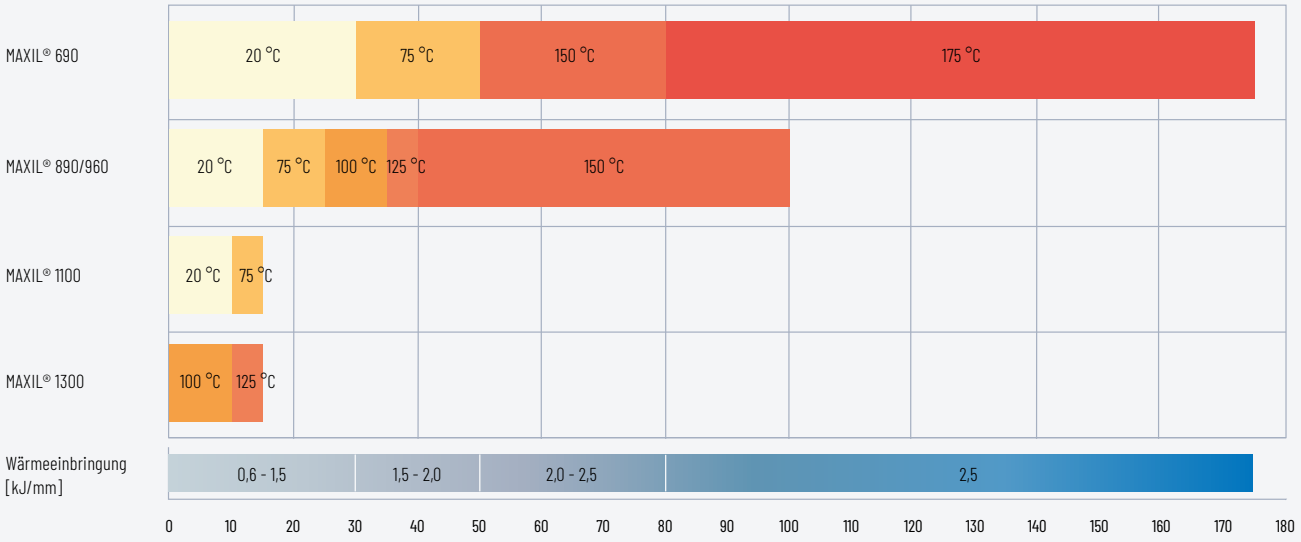
AVOIDING COLD CRACKS

Cold cracks can be effectively avoided, if the following rules are observed:
/ Preheating: one of the most effective measures for preventing cold cracks. Slower cooling facilitates the escape of hydrogen, reduces the hardening of the structure, and lowers the internal stress level. As a general rule, all components should be heated to at least room temperature (approx. 20 °C). The higher the CET, the plate thickness, and the hydrogen content in the weld metal, and the lower the heat input, the higher the selected preheating temperature should be.
/ The weld joints should be dry and clean.

/ Wasserstoffarme Zusatzwerkstoffe verwenden / luftdichte Verpackungen verwenden / Zusätze aus geöffneten Verpackungen unmittelbar verbrauchen / trockene Lagerung / Vortrocknung / etc.
/ Schweißfolgepläne zur Reduzierung von Spannungen berücksichtigen
/ Generell sollten die Hinweise des SEW 088, bzw. der DIN EN 1011-2 beachtet werden

/ Use low-hydrogen filler materials / Use airtight packaging / Use additives from opened packaging immediately / Store in a dry place / Pre-dry / etc.
/ Take welding sequence plans into account to reduce residual stresses
/ In general, the instructions in SEW 088 and DIN EN 1011-2 should be observed

MINDESTVORWÄRMTEMPERATUREN BEIM SCHWEISSEN / MINIMUM *PREHEATING TEMPERATURES FOR WELDING*



Die dargestellten Mindestvorwärmtemperaturen für MAXIL®-Güten wurden unter Berücksichtigung typischer Wärmeeinbringungen in Abhängigkeit von der Blechdicke ermittelt. Als Referenz dient das Metallschutzgasschweißen bei einem Wasserstoffgehalt des Schweißgutes von ≤ 5 ml/100g. Für größere Blechdicken wurden höhere Wärmeeinbringungen angesetzt, da niedrige Energieeinträge in diesen Bereichen wirtschaftlich nicht sinnvoll sind.

The minimum preheating temperatures for MAXIL® grades shown were determined based on typical heat inputs as a function of plate thickness. Gas metal arc welding (GMAW) is used as a reference, with a hydrogen content in the weld metal of ≤ 5 ml/100 g. Higher heat inputs were applied for thicker plate metal, as low heat inputs are not economically viable in these areas.

Die Wärmeeinbringung Q ergibt sich aus:

The heat input Q is calculated as follows:

$$Q = \eta * \frac{U * I}{v} \quad \text{in kJ/mm}$$

η : thermischer Wirkungsgrad η (ergibt sich aus Schweißverfahren, z.B. 0,85 für MAG) / *thermal efficiency* η *(determined by the welding process, e.g., 0.85 for GMAW),*
U: Lichtbogenspannung / *Arc voltage* [V], I: Schweißstrom *Welding current* [A], v: Schweißgeschwindigkeit / *Welding speed* [mm/s]

Eine Faustregel besagt, dass pro Millimeter Blechdicke etwa 0,1 kJ Energie eingebracht werden sollte. Möchte man gleicher Blechdicke mit höherer Wärmeeinbringung schweißen, kann die erforderliche Mindestvorwärmtemperatur reduziert werden.
Eine Wärmeeinbringung oberhalb von 2,5 kJ/mm sollte bei den MAXIL®-Güten grundsätzlich vermieden werden.

A rule of thumb states that approximately 0.1 kJ of energy should be applied per millimeter of sheet thickness. If welding is to be performed on the same sheet thickness with higher heat input, the required minimum preheat temperature can be reduced.
Heat input exceeding 2.5 kJ/mm should be avoided with MAXIL® grades.

Die Ermittlung der Mindestvorwärmtemperatur T_p muss an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden. Sie erfolgt in Abhängigkeit des Kohlenstoffäquivalents CET, der Blechdicke d, des Wasserstoffgehalts im Schweißgut H_D sowie der Wärmeeinbringung Q (gemäß DIN EN 1011-2):

The determination of the minimum preheat temperature T_p must be adapted to the specific application. It is calculated based on the carbon equivalent CET, the sheet thickness d, the hydrogen content in the weld metal H_D, and the heat input Q (in accordance with DIN EN 1011-2):

$$T_p = 697 * CET + 160 * \tanh\left(\frac{d}{35}\right) + 62 * H_D^{0,35} + (53 * CET - 32) * Q - 328 \quad \text{in °C}$$

Um die Zähigkeitseigenschaften im resultierenden Schweißgut nicht negativ zu beeinflussen, sollte die Zwischenlagentemperatur maximal 230 °C (für MAXIL® 1100 / 1300: max. 200 °C) betragen. Nach dem Schweißen ist bei MAXIL® 690, 890 und 960 ein Spannungsarmglühen bei 530 bis 580 °C möglich. Wegen der Versprödungsgefahr sollte grundsätzlich ein Glühen bei ca. 300 °C vermieden werden. Bei MAXIL® 1100 und 1300 sollte auf ein Spannungsarmglühen grundsätzlich verzichtet werden.

To avoid adversely affecting the toughness properties of the resulting weld metal, the interpass temperature should not exceed 230 °C (for MAXIL® 1100 / 1300: max. 200 °C). After welding, stress-relief annealing at 530 to 580 °C is possible for MAXIL® 690, 890, and 960. Due to the risk of embrittlement, annealing at approximately 300 °C should generally be avoided. Stress-relief annealing should generelly not be performed on MAXIL® 1100 and 1300.

SCHWEISSBEDINGUNGEN

Während eine zu schnelle Abkühlung zu Kaltrissen führen kann, vermindert eine zu langsame Abkühlung die Zähigkeit und vergrößert die WEZ. Die Abkühlgeschwindigkeit beim Schweißen wird durch die sogenannte $t_{8/5}$-Zeit beschrieben. Sie gibt an, wie lange die Abkühlung von 800 °C auf 500 °C dauert.

Die $t_{8/5}$-Zeit ist abhängig von der Blechdicke (d), der Wärmeeinbringung (Q), der Vorwärmtemperatur (T_0) und der Nahtgeometrie (F). Grundsätzlich gilt: Je größer die Blechdicke, und je geringer die Wärmeeinbringung und Vorwärmtemperatur, desto kürzer wird die $t_{8/5}$-Zeit. Bei dünnen Blechen und hoher Wärmeeinbringung erfolgt die Wärmeableitung vorwiegend 2-dimensional. Mit zunehmender Blechdicke und / oder abnehmender Wärmeeinbringung wird die Wärmeableitung 3-dimensional. Ab bestimmten Grenzdicken ist die 3-dimensionale Wärmeableitung vollständig ausgebildet, sodass die $t_{8/5}$-Zeit nahezu konstant bleibt, da das zusätzliche Volumen kaum noch Einfluss auf die Wärmeableitung hat.

WELDING CONDITIONS

While cooling too quickly can lead to cold cracks, cooling too slowly reduces toughness and increases the HAZ. The cooling rate during welding is described by the so-called $t_{8/5}$ time. It indicates how long it takes to cool from 800 °C to 500 °C.

The $t_{8/5}$-time depends on the plate thickness (d), the heat input (Q), the preheating temperature (T_0), and the seam geometry (F). As a general rule, the greater the plate thickness and the lower the heat input and preheating temperature, the shorter the $t_{8/5}$-time. With thin plates and high heat input, heat dissipation is predominantly 2-dimensional. With increasing plate thickness and / or decreasing heat input, heat dissipation becomes 3-dimensional. Above certain thickness limits, three-dimensional heat dissipation is fully developed, so that the $t_{8/5}$-time remains almost constant, as the additional volume has little influence on heat dissipation.

Die entsprechenden Formeln nach DIN EN 1011-2 lauten:

The corresponding formulas according to DIN EN 1011-2 are:

2-DIMENSIONALE WÄRMEABLEITUNG / *2-DIMENSIONAL HEAT DISSIPATION*

$$t_{8/5} = (4.300 - 4{,}3\,T_0) * 10^5 * \frac{Q^2}{d^2} * \left[\left(\frac{1}{500 - T_0}\right)^2 - \left(\frac{1}{800 - T_0}\right)^2\right] * F_2 \quad \text{in s}$$

3-DIMENSIONALE WÄRMEABLEITUNG / *3-DIMENSIONAL HEAT DISSIPATION*

$$t_{8/5} = (6.700 - 5\,T_0) * Q * \left(\frac{1}{500 - T_0} - \frac{1}{800 - T_0}\right) * F_3 \quad \text{in s}$$

Für die MAXIL®-Güten 690QL, 890QL und 960QL sind die besten Eigenschaften bei $t_{8/5}$-Zeiten von 5 bis 15 s zu erwarten, bei MAXIL® 1100QL und 1300QL bei $t_{8/5}$-Zeiten von 5 bis 12 s.

For the MAXIL® grades 690QL, 890QL, and 960QL, the best properties are expected at $t_{8/5}$ times of 5 to 15 s; for MAXIL® 1100QL and 1300QL, the best properties are expected at $t_{8/5}$ times of 5 to 12 s.

Zur Unterstützung bei der Ermittlung von $t_{8/5}$-Zeiten können online diverse Berechnungshilfen genutzt werden. In der folgenden Tabelle sind für verschiedene Kombinationen aus Blechdicke (6 bis 20 mm) und Wärmeeinbringung (0,6 bis 2,0 kJ/mm) bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C die resultierenden $t_{8/5}$-Zeiten dargestellt. Die grün hinterlegten $t_{8/5}$-Zeiten zeigen dabei die passenden Kombinationen für MAXIL®690QL bis 30mm, für MAXIL® 890QL und 960QL bis 15mm und für MAXIL® 1100QL bis 10mm, bei denen ein Schweißen ohne Vorwärmen bei sonst geeigneten Voraussetzungen möglich ist.

Various online calculation tools are available to assist in determining $t_{8/5}$-times. The following table shows the resulting $t_{8/5}$-times for various combinations of plate thickness (6 to 20 mm) and heat input (0.6 to 2.0 kJ/mm) at an ambient temperature of 20 °C. The $t_{8/5}$-times highlighted in green indicate the appropriate combinations for MAXIL® 690QL up to 30 mm, for MAXIL® 890QL and 960QL up to 15 mm, and for MAXIL® 1100QL up to 10 mm, for which welding without preheating is possible provided all other conditions are met.

BERECHNETE $T_{8/5}$-ZEITEN [S] FÜR Q VON 0,6 BIS 2,0 KJ/MM UND BLECHDICKEN VON 6 BIS 20 MM OHNE VORWÄRMUNG BEI 20°C / *CALCULATED $T_{8/5}$ TIMES [S] FOR Q FROM 0.6 TO 2.0 KJ/MM AND PLATE THICKNESSES FROM 6 TO 20 MM WITHOUT PREHEATING AT 20°C*

Wärmeeinbringung / *Heat input (Q)*

Q	Blechdicke / *Plate thickness*							
[kJ / mm]	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	14 mm	16 mm	18 mm	20 mm
0,6	11,36	6,39	4,09	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53
0,8	20,20	11,36	7,27	5,05	3,38	3,38	3,38	3,38
1,0	31,56	17,75	11,36	7,89	5,79	4,23	4,23	4,23
1,2	45,45	25,56	16,36	11,36	8,34	6,39	5,07	5,07
1,4	61,86	34,80	22,27	15,46	11,36	8,70	5,92	5,92
1,6	80,80	45,45	29,09	20,20	14,84	11,36	8,97	6,76
1,8	102,27	57,52	36,81	25,56	18,78	14,38	11,36	7,61
2,0	126,26	71,02	45,45	31,56	23,19	17,75	14,02	11,36

SCHWEISSZUSATZWERKSTOFFE

Schweißzusatzwerkstoffe für die MAXIL®-Serie sind in den europäischen (EN ISO) und amerikanischen (AWS) Normen spezifiziert. Insbesondere im Bereich der höchstfesten MAXIL® 1100 und 1300 gibt es jedoch keine passenden Zusätze, die ein Over- oder Even-Matching bezüglich der Festigkeit vom resultierenden Schweißgut gegenüber dem Grundwerkstoff gewährleisten können. In der Praxis werden die Schweißnähte üblicherweise konstruktiv so geplant, dass sie in der „neutralen Faser" von Bauteilen liegen und so nicht beansprucht werden. Somit sind Schweißzusatzwerkstoffe der höchsten Festigkeitsklasse auch nicht immer zwingend notwendig. In der Tabelle sind Beispiele für Schweißzusatzwerkstoffe von bekannten Herstellern aufgelistet. Selbstverständlich kommen auch andere Zusätze und Hersteller in Frage. Es ist grundsätzlich ratsam, sich bei der Auswahl von verschiedenen Herstellern beraten zu lassen.

FILLER METALS

Welding consumables for the MAXIL® series are specified in European (EN ISO) and American (AWS) standards. However, particularly in the area of the high-strength MAXIL® 1100 and 1300, there are no suitable consumables that can ensure over- or even-matching in terms of the strength of the resulting weld metal compared to the base material. In practice, weld seams are usually designed so that they are located in the "neutral axis" of components and are therefore not subjected to stress. This means that welding consumables of the highest strength class are not always absolutely necessary. The table lists examples of welding consumables from well-known manufacturers. Of course, other consumables and manufacturers are also possible. It is generally advisable to seek advice when choosing between different manufacturers.

Schweißverfahren / ***Welding Method***	**Schutzgasschweißen (MAG) /** ***Gas Metal Arc Welding (GMAW)***	**Fülldrahtschweißen (MAG Fülldraht) /** ***Flux-Cored Arc Welding (FCAW)***	**E-Handschweißen (E-Hand) /** ***Manual Metal Arc welding (MMA)***	**Unterpulverschweißen (UP) /** ***Submerged Arc Welding (SAW)***
MAXIL® 690	EN ISO 16834-A: G69 - G79	EN ISO 18276-A: T69	EN ISO 17275-A: E69	EN ISO 26304-A: S69
	AWS A5.28: ER100/110	AWS A5.28: E90/110	AWS A5.5: E110	AWS A5.23: F11
	FLIESS ED-FK800/850; OERLIKON CARBOFIL NiMoCr; ESAB OK AristoRod 69; BÖHLER X70-IG	OERLIKON FLUXOFIL 42; ITW/ELGA MEGAFIL 690 R; ESAB OK Tubrod 14.03; BÖHLER diamondspark 700	BÖHLER FOX EV 85; OERLIKON TENACITO 75/80; ESAB OK 75.75	OERLIKON FLUXOCORD 42 / OP 121TT; BÖHLER 3 NiCrMo 2.5-UP / BB24; ESAB OK Autrod 13.43 / OK Flux 10.62
MAXIL® 890 **MAXIL® 960** **MAXIL® 1100** **MAXIL® 1300**	EN ISO 16834-A: G89	EN ISO 18276-A: T89	EN ISO 18275-A: E89	-
	AWS A5.28: ER120	AWS A5.28: E120	AWS A5.5: E120	-
	FLIESS ED-FK1000/1100/1150; OERLIKON CARBOFIL 2NiMoCr; ESAB OK AristoRod 89; UNION X90/X96	OERLIKON FLUXOFIL 45; ITW/ELGA MEGAFIL 1100 M; ESAB Coreweld 89; BÖHLER diamondspark 900/960	BÖHLER FOX EV 105; OERLIKON TENACITO 100; ESAB OK 75.78	-

Ilsenburger Grobblech GmbH
Veckenstedter Weg 10
38871 Ilsenburg
Germany

E ilg.sales@salzgitter-ag.de

ilsenburger-grobblech.de

MAXIL® - Hochfeste Stähle

ILSENBURGER
GROBBLECH
Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe