

# Temperatur-Management an Rezipienten in Aluminium-Strangpressen

W. Hähnel, K. Gillmeister, A. Krüger; Kind & Co., Edelstahlwerk

In einer Strangpressanlage bildet der Rezipient, auch Blockaufnehmer genannt, das Herzstück innerhalb des Werkzeugpakets. Seine Kernaufgaben liegen in der möglichst stabilen zylindrischen Bohrung während des Auspressens und in einer möglichst konstanten Temperaturverteilung in axial Richtung bzw. in Pressrichtung. Diese Aufgaben sind nicht zu verwechseln mit der Temperatursteuerung des Aluminium-Pressbolzen. Bekanntlich werden die Alu-Pressbolzen mit einem sogenannten „Taper“ versehen, einem Temperaturgradienten über der Bolzenlänge von ca. 50 °C. Im Gegensatz zum Pressbolzen sollte der Rezipient in seiner Bohrung eine gleichmäßige Temperatur aufweisen.

Auch Einflüsse auf die zu steuernde Strangaustrittstemperatur werden nicht von der Rezipiententemperatur beeinflusst. Aus diesem Grund werden sie in diesem Artikel nicht näher betrachtet.

Wie bereits erwähnt, beeinflusst die Temperatur die Performance eines Rezipienten bzw. spielt eine wesentliche Rolle bei der Umformung im Rezipienten. Welche Temperaturen sind für den Rezipienten maßgebend? In diesem Zusammenhang ist der Rezipient grundsätzlich als passives träges Bauteil anzusehen, der nicht aktiv zur Temperatursteuerung vom Bolzen oder Aluminiumprofil verwendet wird. Seine Kernaufgabe liegt insbesondere in einer stabilen zylindrischen Bohrung während des Pressvorganges.

Dazu werden die Rezipienten in der Regel zwei- oder dreiteilig konstruiert. Welche Konstruktionsart verwendet wird, richtet sich nach dem vorhandenen spezifischen Pressdruck in der Bohrung:

- Bei einem Pressdruck kleiner 600 MPa wird zweiteilig konstruiert
  - Bei einem Pressdruck größer 600 MPa wird dreiteilig konstruiert.
- Entscheidend für eine stabile zylindrische

## Temperature management of containers during aluminium extrusion

W. Hähnel, K. Gillmeister, A. Krüger; Kind & Co., Edelstahlwerk

The container is the centrepiece of the tool package of an extrusion plant. Its core functions are to maintain the bore as cylindrically stable as possible during extrusion and to achieve as constant a temperature distribution as possible in the axial or extrusion direction. These functions should not be confused with controlling the temperature of the aluminium extrusion billet. As is well known, the aluminium extrusion billet has a so-called 'taper': a temperature gradient of about 50 °C over its length. However, unlike the extrusion billet, the bore of the container should exhibit a uniform temperature.

The container temperature does not affect the exit temperature of the extrusion, which has to be controlled, so this aspect will not be considered in more detail in this article.

Temperature affects the performance of a container and plays an important role in the forming process that takes place in the container. So which temperatures are key for the container? In this respect, the container can basically be regarded as a passive, inert component that is not used actively to control the temperature of the billet or the aluminium profile. Its particular key function is to maintain a stable cylindrical bore during the extrusion process.

To achieve this, containers are usually constructed in two or three parts. The type of construction used depends on the specific extrusion pressure pertaining to the bore:

- If the specific pressure is less than 600 MPa, a two-part design is used.
- If the specific pressure is greater than 600 MPa, a three-part design is used.

If one wishes to have a stable cylindrical bore, the grade of material used and the pre-set strength levels of the individual components or liners are essential. Extrusion pressures have increased in recent years and therefore the strength levels of the components used also need to be higher.

In addition, the design needs to ensure that there is a high degree of rotational symmetry in order to generate as few stress peaks in the container as possible. These stress peaks are generally identified and optimised using finite element analysis. This subject will not be dealt with in any greater detail, though, in this article.

Let's now consider the temperature in the container: containers cannot be operated when they are cold and therefore have to be preheated. One of the reasons for this is that it is only above a certain temperature that the hot-working steels used achieve the ductility required to ensure crack-free operation of the container.

Nowadays, resistance heating is installed in the mantle in order to ensure uniform preheating of the container. Resistance heating located on the outside is not recommended for uniform preheating because it usually causes overheating and thus softening of the mantle. The installed resistance heating provides a minimum temperature of 380 °C at the start of extrusion. At this temperature, the 1.2343 hot-working steel used for the mantle has optimal toughness properties for crack-free operation.

At the same time, the container has to be protected against reaching too high a temperature. Excessively high temperatures can lead to irreparable loss of strength. One should therefore avoid a temperature of 500 °C or more in the container mantle for a sustained period.

Table 2 shows the resistance to softening or loss of strength of 1.2343 steel. From the point of view of the mantle material, a maximum permit-

	Mantel • Mantle		Zwischenbüchse • Intermediate liner			Innenbüchse • Inner liner		
	Standard	Alternative	Standard	Alternative 1	Alternative 2	Standard	Alternative 1	Alternative 2
Werkstoff Material	1.2343	Q10	1.2343	Q10	RPU	1.2343/ 1.2344	Q10	RPU
Festigkeit Strength [N/mm <sup>2</sup> ]	1000 – 1250	1100 – 1250	1250 – 1400	1250 – 1400	1250 – 1400	1350 – 1500	1650 – 1800	1350 – 1500

Tabelle 1: Werkstoffe und Festigkeiten der einzelnen Bauteile beim Rezipienten

Table 1: Materials and strength properties of the individual components of the container

Anlasstemperatur Annealing temperature	Dauer Duration	Zugfestigkeit Tensile strength
[°C]	[h]	[MPa]
500	6000	1350
500	12000	1250
550	12000	1050
600	800	1000
600	50	1150
600	10	1350

**Tabelle 2: Anlassbeständigkeit des Werkstoffes 1.2343**  
**Table 2: Resistance to softening of 1.2343 steel**

ted preheat temperature of 450 °C should be observed.

As can be seen from Table 2, a temperature in excess of 500 °C leads to softening of the material by annealing and under the extrusion pressure this can result in undesirable plastic deformation. If extrusion is carried out for a prolonged period with an excessive mantle temperature of, for example, 550 °C, the tensile strength of the mantle can decline to almost 1000 MPa after 12,000 operating hours, or a production time of some 1.5 years. The required minimum strength of the container mantle is 1000 MPa. Thus, such exposure will doubtless mean that 90 percent of the

Bohrung sind die verwendete Werkstoffqualität und die eingestellte Festigkeitslage der einzelnen Bauteile bzw. Büchsen. In den letzten Jahren sind die Pressdrücke immer weiter angestiegen und infolge dessen auch die Festigkeitslagen der Bauteile mit höheren Festigkeiten ausgestattet worden.

Zudem ist konstruktiv darauf zu achten, dass ein hoher Grad an Rotationssymmetrie erreicht wird, um möglichst wenig Spannungsspitzen im Rezipienten zu generieren. Generell werden diese Spannungsspitzen mittels FEM-Analysen optimiert. Diese Thematik wird jedoch hier nicht weiter vertieft.

Wenden wir uns der Temperatur im Rezipienten zu: Rezipienten können nicht kalt betrieben werden, sondern müssen vorgewärmt werden. Der Grund hierfür ist unter anderem, dass die verwendeten Warmarbeitsstähle erst ab einer bestimmten Temperatur ausreichende Duktilität besitzen, die für ein rissfreies Betreiben des Rezipienten notwendig sind.

Durch die Notwendigkeit eines gleichmäßigen Vorwärmens des Rezipienten werden heutzutage Widerstandsheizungen im Mantel installiert. Außen liegende Widerstandheizungen sind für ein gleichmäßiges Vorwär-

men wegen einer meist stattfindenden Überhitzung und damit Erweichung des Mantels nicht zu empfehlen. Diese installierte Widerstandsheizung sorgt für eine Mindesttemperatur bei Pressenstart von 380 °C. Der für den Mantel verwendete Warmarbeitsstahl 1.2343 besitzt bei dieser Temperatur seine optimalen Zähigkeitswerte, die für ein rissfreies Betreiben notwendig sind.

Gleichzeitig ist der Rezipient vor zu hoher Temperatur zu schützen. Zu hohe Temperaturen können zu irreparablen Festigkeitserweichungen führen. Aus diesem Grund ist eine dauerhafte Temperatur im Rezipientenmantel von 500 °C oder höher zu vermeiden.

Tabelle 2 zeigt die Anlassbeständigkeit bzw. Festigkeitserweichung des Werkstoffes 1.2343. Aus Sicht des Mantelwerkstoffes ist die maximal zulässige Vorwärmtemperatur auf maximal 450 °C zu beschränken.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich ist, führt eine Temperatur von über 500 °C zu einer anlassenden Erweichung des Werkstoffes und es kann unter Pressdruck zu ungewollter plastischer Verformung kommen. Würde durch eine zu hohe Manteltemperatur von beispielsweise 550 °C dauerhaft gepresst werden, so

**SMART CONTAINER®**  
 BY MARX TECHNOLOGIES

WE INCLUDE PROGRESS



-  Container Heating Systems
-  Die Carrier Heating
-  Preheating Stations
-  Inductive Billet Heating



- » MARX SMART CONTAINER
- » HPC HIGH-POWER CARTRIDGES
- » CONTROL & SOFTWARE
- » INDUCTIVE BILLET HEATING
- » TOOL STATIONS & PREHEATING STATIONS

MARX GmbH & Co. KG, Iserlohn  
 MARX Ofenbau GmbH, Donauwörth  
 MARX Elektrowärme GmbH, Hennigsdorf  
 MARX LLC, USA, Youngstown, OH

E-Mail: [info@marx-gmbh.de](mailto:info@marx-gmbh.de)  
 Web: [www.smart-container.com](http://www.smart-container.com)

**PERSUASIVE TECHNOLOGY**  
**EXTRUSION TECHNOLOGY**

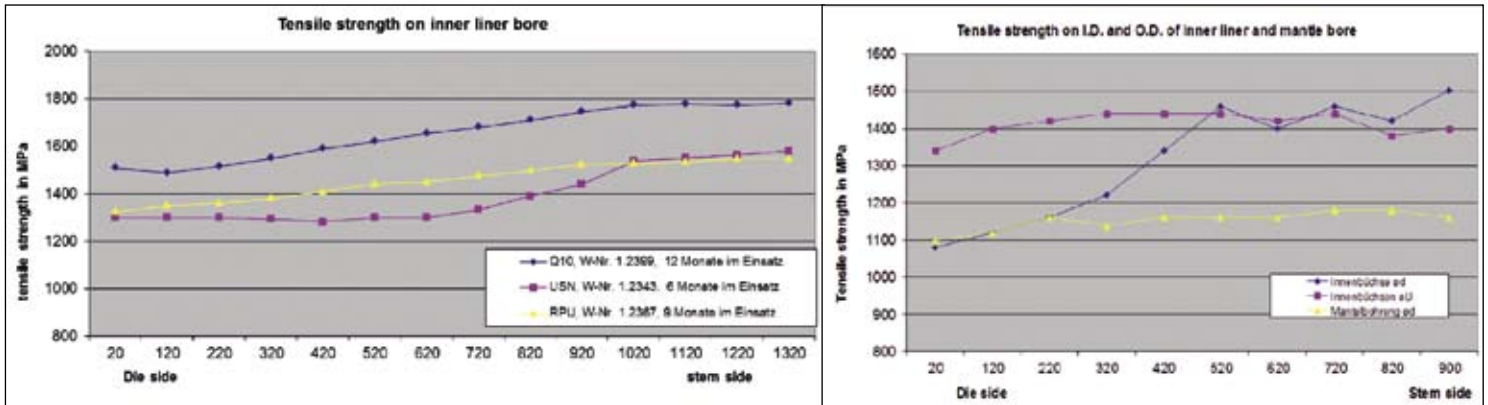


Abb. 1+2: Härteverläufe an Innenbüchse

Fig. 1+2: Hardness variations in inner liners

wäre die Mantelfestigkeit nach 12.000 Betriebsstunden oder ca. 1,5 Jahren Produktionszeit auf fast 1000 MPa abgefallen. Die notwendige Mindestfestigkeit für einen Rezipientenmantel liegt bei einem Wert größer 1000 MPa. Die Folge davon ist, dass sicherlich 90 Prozent der Lebensdauer des Rezipienten aufgebraucht wäre. Sorgt man jedoch durch eine entsprechende Temperatursteuerung im Rezipientenmantel für eine Mantelmitteltemperatur von maximal 450 °C, können diese Rezipienten eine Lebensdauer von mindestens zehn oder auch durchaus 15 Jahren erreichen.

Im Gegensatz zum Mantel sind Innen- oder auch Zwischenbüchsen zu wechselnde Verschleißteile, die in der Regel jährlich oder je nach Zustand bzw. Festigkeitslage gewechselt werden müssen.

Liegen die Temperaturen an der Innen- oder auch Zwischenbüchse dauerhaft über der Warmfestigkeit der verwendeten Warmarbeitsstähle, wird es schwierig, mit einer stabilen zylindrischen Bohrung dauerhaft zu arbeiten. Die Folgen sind auch hier Festigkeitserweichungen und damit einhergehende plastische Verformungen in der Bohrung der Innenbüchse. Ist die Temperatur nicht gleichmäßig in Pressrichtung verteilt, hat dies ebenfalls einen negativen Einfluss auf das Bohrungsmaß und auf die Produktqualität.

Abb. 1 zeigt den Festigkeitsverlust über der Innenbüchsen-Rezipientenlänge. Diese Angaben lassen teilweise sogar Rückschlüsse auf eine überwiegend verpresste Bolzenlängen zu.

In Abb. 2 ist der Unterschiede der Festigkeiten zwischen Bohrung (blau) und Außendurchmesser (pink) dargestellt. Diese gemessenen Härteverluste sind das Ergebnis einer zu hohen Temperatur in diesem Bereich. Diese hohe Temperatur ist das Produkt aus Bolzentemperatur und Umformwärme während der Extrusion. Schreitet die Erweichung der Büchsen über die Produktionsdauer weiter

fort und kommt in den kritischen Bereich von 1000 MPa, so können zum Beispiel Blasen auf dem Aluminiumprofil entstehen. Außerdem besteht die Gefahr von sogenannten Brandspuren in der Innenbüchsenbohrung. Diese Brandspuren resultieren aus Lufteinschlüssen, die den Innenbüchsenwerkstoff anschmelzen und dann als axialer Riss zum Totalausfall der Innenbüchse führen können.

Wie lässt sich nun die Festigkeitserweichung verhindern oder zumindest verzögern?

Zur Lösung dieses Problems kann eine Luftkühlung am Außendurchmesser der Innenbüchse (zweiteilige Konstruktion) oder am Außendurchmesser der Zwischenbüchse (dreiteilige Konstruktion) verwendet werden.

Eine partielle Luftkühlung in spiralförmiger Ausbildung an Innen- oder Zwischenbüchsen wird entsprechend der Anforderlichkeit angebracht, die eine Luftzirkulation durch radiale Ein- und Auslaufbohrungen ermöglicht. Die in Abb. 3 dargestellte 3-Zonenkühlung kann unabhängig voneinander ein- und ausgeschaltet werden und damit eine gleichmäßigere Temperaturverteilung erzielen.

Die Anforderlichkeit der Luftkühlung ist unter den Aluminium-Strangpressern umstritten. Ausgehend von Härtemessungen und maßlichen Überprüfungen an den verschlissenen Bauteilen wird abgeschätzt, wie sinnvoll eine Luftkühlung wäre. Die Luft sollte trocken und sauber sein sowie einen gewissen Druck haben und muss entsprechend bereitgestellt werden. Eventuell notwendige Kompressoren und Schalldämpfer erhöhen zusätzlich den Aufwand. Außerdem führt die Konstruktion der Luftkühlung mit ihren notwendigen Thermofühlern zu Spannungsspitzen und schwächt damit gleichzeitig die Stabilität des Bauteils. Daher stellen sich für jedes Einzelprojekt nachfolgende Fragen, die sachlich bewertet und beantwortet werden müssen.

1. Warum kühlen? a) Gleichmäßige Temperaturverteilung im Rezipienten in axialer Richtung, b) Rezipient soll bei Programmwechsel

container service life will already have been used up. However, if one ensures that there is appropriate temperature control in the container mantle to maintain a maximum average mantle temperature of 450 °C, containers can achieve a service life of at least ten and quite possibly even 15 years.

Unlike the mantle, the inner and intermediate liners are replaceable wearing parts, which usually have to be replaced every year or when the condition or strength level makes it necessary.

If the temperatures of the inner or intermediate liners remain permanently above the hot strength of the hot-working steels used, it will be difficult to operate with a stable cylindrical bore for a prolonged period. The consequences here are also loss of strength and the associated plastic deformation in the bore of the inner liner. If the temperature is not uniformly distributed in the extrusion direction, this also has a negative effect on the bore dimension and on product quality.

Fig. 1 shows the loss in strength over the length of the inner liner in the container. These data even allow conclusions to be drawn about the billet lengths that were mostly extruded.

Fig. 2 shows the differences in strength between the bore (blue) and the outer surface

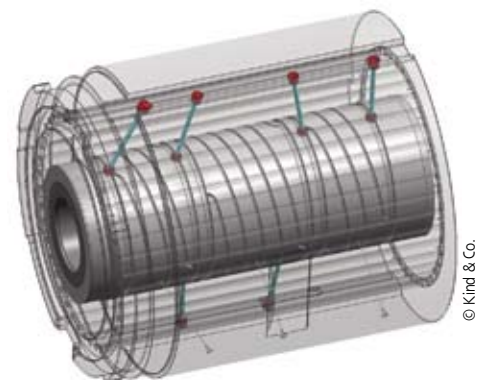


Abb. 3: Typische Konstruktion eines gekühlten Rezipienten

Fig 3: Typical design of a cooled container

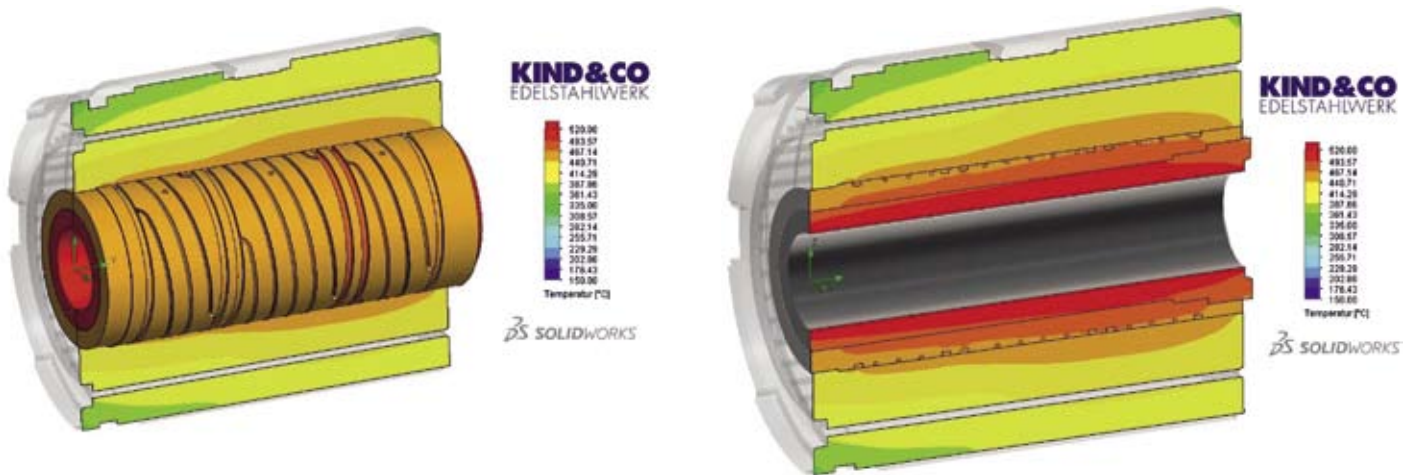


Abb. 4: Temperaturverteilung im ungekühlten Rezipienten während der Produktion

Fig. 4: Temperature distribution in a container without cooling during production

(pink). The losses in hardness measured are the result of excessive temperature in this area. This high temperature is the product of the billet temperature and deformation heat generated during extrusion. If the liner continues to soften during the production period and reaches the critical range of 1000 MPa, this can result, for example, in blisters forming on the aluminium profile. Besides that, there is a risk of so-called burn marks in the inner liner bore. These burn marks result from air inclusions that lead to incipient melting of the material of the inner liner and can then lead to total failure of the inner liner in the form of an axial crack.

How can the loss of strength be prevented or at least retarded?

To solve this problem one can use air cooling on the outside surface of the inner liner (two-part design) or on the outer surface of the intermediate liner (three-part design).

Partial air cooling in the form of a spiral that allows air circulation to take place via radial inlet and outlet holes is fitted to the inner or intermediate liner as required. The three cooling zones shown in Fig. 3 can be switched on or off independently of each other and thereby achieve a more uniform temperature distribution.

There is controversy among aluminium extruders as to the need for air cooling. One can use hardness measurements and dimensional checks on the worn components to estimate the usefulness of air cooling. The air used has to be dry, clean and at a certain pressure and must be provided accordingly. Compressors and sound absorbers may be necessary and are an additional burden. In addition, the construction of the air cooling system with its necessary temperature sensors leads to stress peaks and at the same time weakens the stability of the component. The following ques-

der veränderten Blocktemperatur schnell angepasst werden, c) Schützen der Innen- und/oder Zwischenbüchse vor dem Erweichen.

2. Wann macht Kühlen keinen Sinn? a) Länge der Rezipienten kleiner 800 bis 900 mm, b) Bolzentemperaturen kleiner 420 °C.

Zur Unterstützung der Entscheidung für oder gegen eine Kühlung des Bauteils werden mittlerweile auch FEM-Modelle verwendet, die eine theoretische Temperaturverteilung im Rezipienten simulieren können. Durch mehrere Rechenbeispiele kann eine hohe Übereinstimmung von Theorie (Simulation) und Praxis (Produktion) erreicht werden, sodass mit einem kalibrierten FEM-Modell die Sinnhaftigkeit einer Kühlung abgeschätzt werden kann. Die vier auf Modellrechnungen basierenden Grafiken zeigen den Rezipienten ungekühlt (Abb. 4) und luftgekühlt (Abb. 5, nächste Seite) im Vergleich.

Durch Luftkühlung wird eine Temperatursenkung von ca. 80 bis 100 °C erreicht. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, sind bereits Tempe-

raturunterschiede von  $\pm 50$  °C für eine bleibende Erweichung der Werkstoffe entscheidend.

Darüber hinaus ist die Art der Luftkühlung entscheidend. Ungünstige Strömungsverhältnisse in der Anordnung der Einlassöffnungen zur Kühlschnecke lassen keine gleichmäßige Kühlwirkung erwarten. →

## Bei uns geben Sie den Ton an



Sie stellen höchste Anforderungen an Toleranzen und Oberflächen. Sie suchen einen Partner, der selbst komplexeste Formen herstellen kann. Einen, der auf Ihre Wünsche eingeht, wenn Sie den Ton angeben. Wir bieten höchste Engineering-Kompetenz und liefern Schweizer Präzision. Überzeugen Sie sich und kontaktieren Sie uns unter +41 62 765 21 21.

 **ALU MENZIKEN**  
Swiss Aluminium Technology

Alu Menziken Extrusion AG  
Tel. +41 62 765 21 21  
extrusion@alu-menziken.com  
www.alu-menziken.com

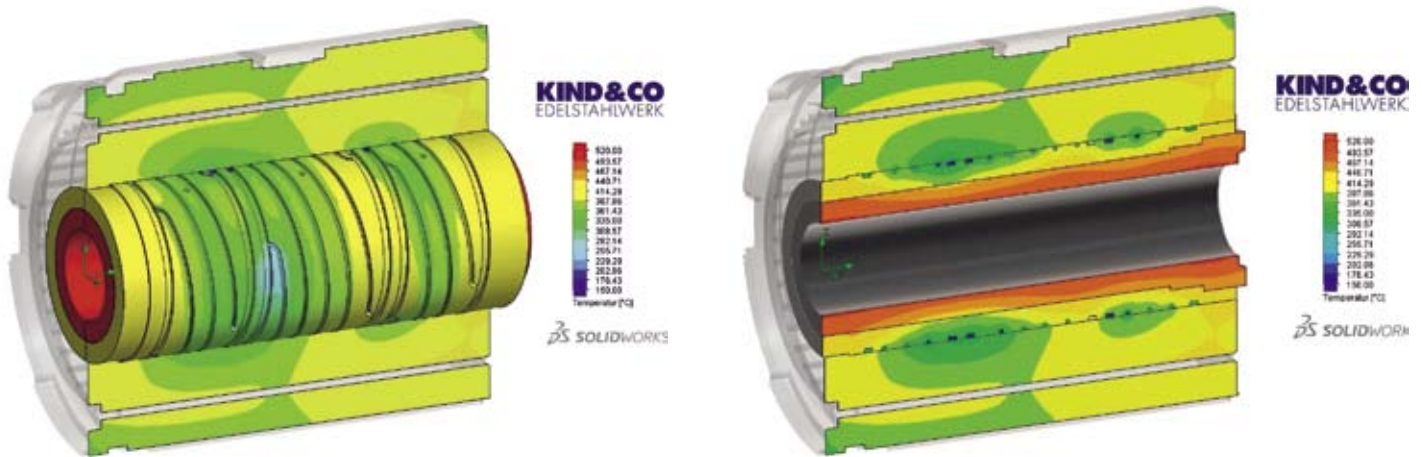


Abb. 5: Temperaturverteilung im gekühlten Rezipienten während der Produktion

Fig. 5: Temperature distribution in a container with cooling during production

Um die Wirksamkeit der Kühlung zu erhöhen, sind konstruktive Veränderungen im Rezipienten notwendig. Diese konstruktiven Veränderungen können mit Hilfe von FEM-Simulationen weiter entwickelt und optimiert werden, ohne dabei gleichzeitig entstehende Spannungsspitzen außer Acht zu lassen.

#### Fazit

Die Strangpressindustrie steht nicht nur innerhalb der Branche im stetigen Wettbewerb zueinander, sondern auch andere Umformverfahren stehen im Wettbewerb zum Strangpressen. Immer höhere Pressgeschwindigkeiten und Pressdrücke müssen von den Werkzeugen aufgenommen und verarbeitet werden. Neben den Anforderungen an die Werkzeugtechnik wird das Temperaturmanagement im Werkzeug immer wichtiger. FEM-Simulationen inklusive Strömungssimulationen können einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung des Temperaturmanagements leisten.

#### Autoren

Dipl.-Ing. Werner Hähnel ist Leiter VertriebWerkzeugstahl/Strangpressen, Rohrtechnik.

Klaus Gillmeister ist Leiter Anwendungsberatung Strangpressen.

Andreas Krüger ist CAD/FEM-Technologe.

Alle drei sind bei Kind & Co., Edelstahlwerk, GmbH & Co. KG in Wiehl beschäftigt.

tions therefore have to be asked for each individual project and must then be evaluated and answered objectively.

1. Why cooling? a) for a more uniform temperature distribution in the container in an axial direction, b) to quickly adapt the container to a different billet temperature when there is a programme change, c) to protect the inner and/or intermediate liner against softening.

2. When does it not make any sense to use cooling? a) when the containers are less than 800 to 900 mm long, b) when the billet temperatures are less than 420 °C.

FEM models that can simulate the theoretical temperature distribution in the container are now being used to support the decision in favour of or against the cooling of a component. By carrying out several calculations one can achieve a high level of conformity be-

tween theory (simulation) and practice (production) so that the meaningfulness of the cooling can be estimated using a calibrated FEM model. The four diagrams based on model calculations show the container without cooling (Fig. 4, previous page) and air cooled (Fig. 5) for comparison.

Air cooling results in a temperature reduction of approx. 80 to 100 °C. As can be seen from Table 2, temperature differences of  $\pm 50$  °C can already be decisive for permanent softening of the materials. Moreover, the type of air cooling used is decisive. Unfavourable flow conditions in the arrangement of the inlet openings to the cooling spiral mean one cannot expect a uniform cooling effect.

In order to increase the effectiveness of the cooling it is necessary to undertake changes to the design of the container. These changes can be developed and optimised using finite element simulations, without at the same time ignoring the stress peaks that result.

#### Conclusion

The extrusion industry is not only subjected to constant competition from within the industry itself but also from other forming processes. The tooling has to deal with ever-greater extrusion speeds and extrusion pressures. In addition to the demands made on the tool and the die technology, temperature management of the tooling is becoming increasingly important. Finite element simulations including flow simulations can make an important contribution to optimising such temperature management.

#### Authors

Dipl.-Ing. Werner Hähnel is head of Sales Tool Steel. Klaus Gillmeister is application technology manager Tool Steel. Andreas Krüger is from the CAD/FEM and Technology Department. All three work at Kind & Co., Edelstahlwerk, GmbH & Co. KG in Wiehl, Germany.

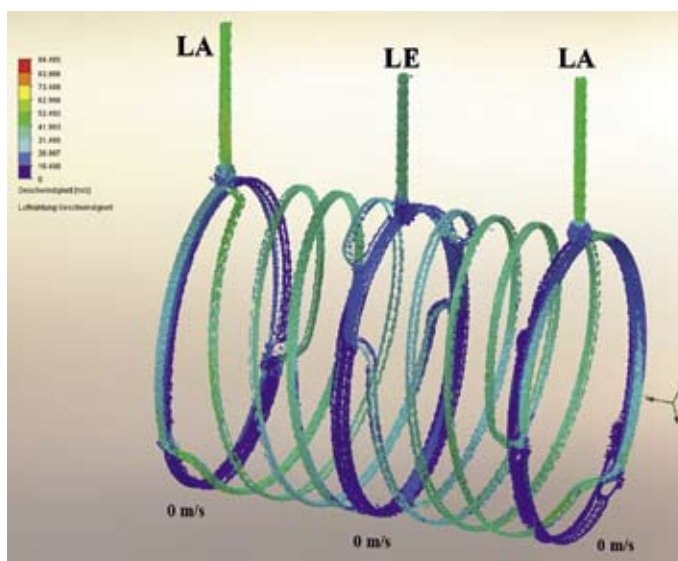


Abb. 6: Volumenstrom an dreigängiger Kühlschnecke mit einem Lufteinlass

Fig. 6: Volume flow in triple-path cooling spiral with a single air inlet (LE)

Geschwindigkeit = Speed, Luftkühlung Geschwindigkeit = Speed of air cooling