

Eine neue Methode zur effektiven Blockerwärmung

P. Johne, Haan

A new method for effective billet heating

P. Johne, Haan

The correct billet temperature is of central importance for economical and quality-maintaining extrusion press operation. Most of the energy required for extrusion is consumed for billet heating. Accordingly, in recent years more and more attention has been focused on that working step. An extrusion plant in Germany has now opted for a new heating system by BSN Thermprozesstechnik GmbH in Simmerath, Germany.

The problem of the heating process nowadays as a rule distinguishes between two part-objectives: heating the billet to the extrusion temperature and producing in it an axial billet temperature gradient (taper), which compensates the temperature increase during the deformation process so that isothermal extrusion with a uniform strand temperature is achieved. Depending on the particular situation in the extrusion plant, opinions can differ about how best to achieve these aims.

In recent years billet heating in two stages – a combination of gas heating with subsequent hot-shearing and a multi-zone induction furnace – has become widely accepted. The basic heating takes place in a conventional multi-zone gas furnace, while defined fine adjustment of the temperature profile is done in the induction furnace. In this variant the aluminium logs are pre-heated in the gas furnace and then cut to the required length by the hot block shear. The pre-heated billets are transferred to the induction furnace, in which fine adjustment to the desired billet temperature with an axial temperature gradient takes place. The advantage of such a system is its great flexibility within the process.

For the basic heating in the gas furnace a choice can be made between various systems and configurations. Having regard to quality considerations and economic aspects, in the case described here it was decided to adopt the so-called 'Jet-Heating' method. BSN

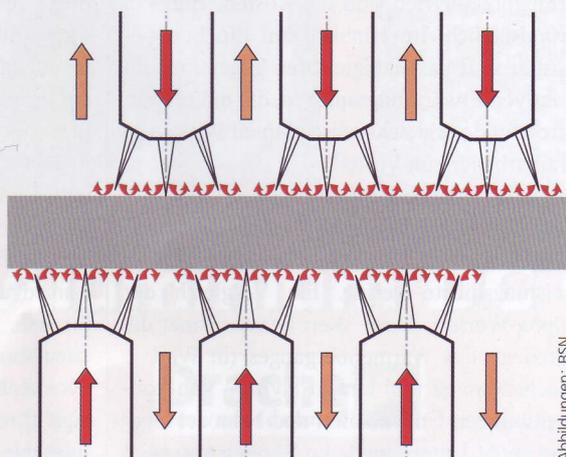
Thermprozesstechnik has been using high-convection heating successfully for years, with aluminium as well. However, for billet heating in extrusion operations there has until now been no experience to fall back on, so this was unexplored territory.

The principle of heating

For billet heating the furnace builder is faced by the problem of transferring the heat produced as quickly, effectively and also as uniformly as possible into the billet. The quantity of heat transferred is proportional to the temperature difference, the area available for heat transfer, and a factor that characterises the particular heat transfer conditions in each case. With round extrusion billets it must also be remembered that the surface-to-volume ratio plays a part: thinner logs are generally easier to heat.

Putting it simply, the basic idea of Jet-Heating is to maintain the largest possible temperature difference without locally overheating the material. At the same time, the entire billet surface should be used as effectively as possible for heat transfer.

Jet-Heating is the term used for acting upon the material to be heated with incident jets or arrays of jets. During this the burner flame does not come directly in contact with the surface, but rather, a flow of hot air is blown by nozzles perpendicularly onto the surface of the heated material. This perpendicularly



Das Prinzip des Jet-Heating, schematisch

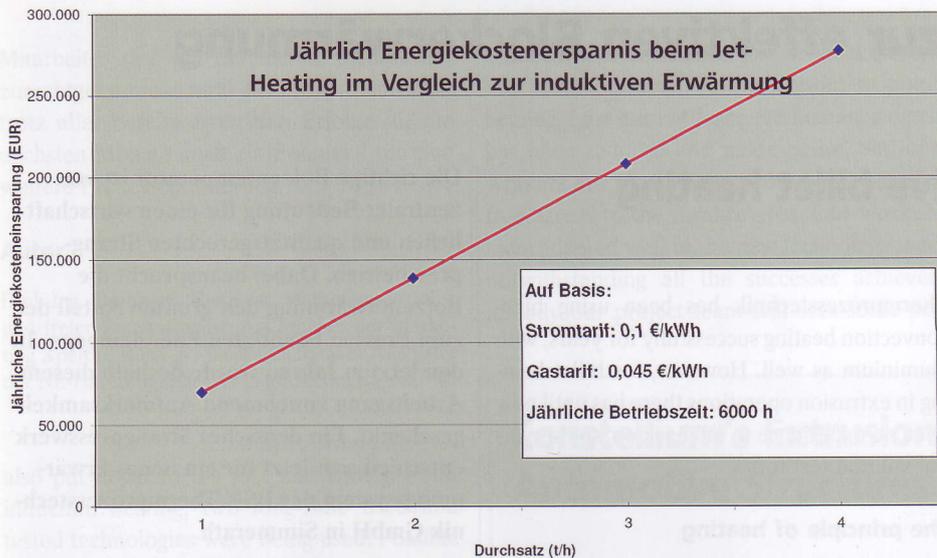
Schematic illustration of the principle of Jet-Heating

Die richtige Bolzentemperatur ist von zentraler Bedeutung für einen wirtschaftlichen und qualitätsgerechten Strangpressbetrieb. Dabei beansprucht die Bolzenerwärmung den größten Anteil der zum Pressen benötigten Energiemenge. In den letzten Jahren wurde deshalb diesem Arbeitsgang zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt. Ein deutsches Strangpresswerk entschied sich jetzt für ein neues Erwärmungssystem der BSN Thermprozesstechnik GmbH in Simmerath.

Die Problematik des Anwärmprozesses unterscheidet heute in der Regel zwei Teilaufgaben: Die Erwärmung des Bolzens auf Presstemperatur und die Erzeugung eines axialen Blocktemperaturgradienten (Taper), der die Temperatursteigerung während des Umformprozesses derart kompensiert, dass ein isothermer Pressprozess mit gleichmäßiger Strangtemperatur erreicht wird. Wie sich – abhängig von der jeweiligen Situation im Presswerk – diese Ziele optimal erreichen lassen, darüber gehen die Meinungen derzeit noch auseinander.

In den letzten Jahren hat sich die Blockerwärmung in zwei Stufen – eine Kombination von Gaserwärmung mit anschließender Warmschere und Mehrzonen-Induktionsöfen – weitgehend durchgesetzt. Die Grunderwärmung findet mit einem konventionellen Mehrzonen-Gasofen statt, während die definierte Feineinstellung des Temperaturprofils mit dem Induktionsofen erfolgt. Die Aluminiumstangen werden bei dieser Variante im Gasofen vorgewärmt und mit der Warmblockschere auf die notwendige Blocklänge angepasst. Die vorgewärmten Bolzen werden zum Induktionsofen übergeben, wo die Feineinstellung auf die gewünschte Blocktemperatur mit axialem Temperaturgradienten erfolgt. Vorteilhaft bei einem solchen System ist die hohe Flexibilität innerhalb des Prozesses.

Für die Grunderwärmung im Gasofen stehen verschiedene Systeme und Bauformen zur Auswahl. Unter Qualitätsgesichtspunkten und wirtschaftlichen Aspekten entschied man sich im hier beschriebenen Falle für das Konzept der sogenannten „Jet-Heating“-Erwärmung. BSN Thermprozesstechnik setzt die Hochkonvektionserwärmung seit Jahren erfolgreich ein, auch für Aluminium. Für die Blockerwärmung im Strangpressbetrieb lagen allerdings noch keine Erfahrungen vor, hier betrat man Neuland. →



Yearly energy cost saving with Jet-Heating, compared to inductive heating (based on electricity rate 0.1 €/kWh, gas rate 0.045 €/kWh; operating time: 6,000 hours a year). Durchsatz = throughput.

Das Anwärmprinzip

Bei der Blockerwärmung steht der Ofenkonstrukteur vor dem Problem, die erzeugte Wärme möglichst schnell, effektiv und auch gleichmäßig in den Bolzen zu überführen. Die übertragene Wärmemenge ist dabei proportional zur Temperaturdifferenz, zur übertragenden Fläche und einem Faktor, der die jeweiligen Bedingungen des Wärmeübergangs kennzeichnet. Bei den runden Strangpressbolzen ist zudem zu berücksichtigen, dass die Relation von Oberfläche zu Volumen eine Rolle spielt; dünnere Stangen lassen sich danach generell besser erwärmen.

Vereinfacht gesagt ist die Grundidee des Jet-Heating, die größtmögliche Temperaturdifferenz aufrechtzuerhalten, ohne das Material örtlich zu überhitzen. Zugleich soll die gesamte Bolzenoberfläche möglichst effektiv für den Wärmeübergang genutzt werden.

Jet-Heating bezeichnet die Beaufschlagung des Anwärmgutes mit Prallstrahlen bzw. Prallstrahlungsfeldern. Die Flamme des Brenners kommt dabei mit der Oberfläche nicht direkt in Kontakt, vielmehr wird der Heißluftstrom über die Düsen senkrecht auf die Wärmgutoberfläche geblasen. Diese senkrechte Anströmung bzw. Prallströmung und die sehr hohe Ausblasgeschwindigkeit ergeben den im Vergleich zur konventionellen Überströmung sehr viel höheren Wärmeübergang.

Neben der Düsenausblasgeschwindigkeit bestimmen der Düsenabstand zum Wärmgut und die Anordnung der Düsen zueinander die Effektivität dieses Wärmeübergangs. Um optimale Werte zu erreichen, sollte das Verhältnis Düsenabstand H zu Düsendurchmesser D so gestaltet werden, dass der Düsenkernstrahl

auf die Oberfläche auftrifft.

Das System arbeitet, wie die konventionellen Umwälzöfen auch, ohne Übertemperatur. Alle Erwärmungs- bzw. Behandlungsteile werden exakt mit der eingestellten Solltemperatur beaufschlagt. Unterbrechungen im Materialtransport wie auch dauernde Veränderungen der Durchsatzleistung bzw. der Ofenbelegung haben mithin keinen Einfluss auf die Anwärmgeschwindigkeit, auf die Gleichmäßigkeit der Erwärmung und auch nicht auf das Temperaturniveau des Wärmgutes.

Jet-Heating für die Blockerwärmung

Die vorgenannten Merkmale legen den Gedanken nahe, diese Möglichkeiten auch für die Blockerwärmung zu nutzen. Die Erfahrungen mit einer ersten Anlage dieser Art, die 2011 erfolgreich in Betrieb gegangen ist, bestätigen diese Erwartungen in vollem Umfang.

Der entscheidende Gesichtspunkt im Strangpressbetrieb sind die Kosten. Hier gilt grundsätzlich: Im Hinblick auf die Energiekosten sind gasbeheizte Öfen gegenüber induktiven Erwärmungsanlagen, die mit teurem Strom und vergleichsweise kleinen Wirkungsgrad arbeiten, im Vorteil.

In der Gruppe der gasbeheizten Öfen wiederum sind die Betriebskosten der Jet-Heating-Ofenanlagen infolge ihrer sehr großen Leistungsdichte gering. Ein Vergleich der Alpha-Werte – dieser Wert kennzeichnet die Effizienz des Wärmeübergangs (in Watt je Flächeneinheit und Grad Kelvin) – von konventionellen Umwälzöfen und beim Jet Heating ergibt Unterschiede im Bereich von ca. 4 zu 1 zugunsten des Jet-Heating. Entsprechend unterscheiden sich die Aufheizkurven eines

impinging or incident flow and the very high blowing speed result in very much greater heat transfer compared with a conventional flow-past situation.

Besides the nozzle exit speed, the efficacy of this heat transfer method is determined by the nozzle-to-material distance and the arrangement of the nozzles relative to one another. To obtain optimum results the ratio between nozzle distance H and nozzle diameter D should be designed in a way that the core nozzle jet impinges on the surface.

In common with a conventional recirculation furnace, the system operates with no temperature excess. All the heating or handling components are heated to the exact nominal temperature set. Interruptions of the material transport and persistent changes of the throughput performance or furnace loading therefore have no influence on the heating rate, the uniformity of the heating, and not even on the temperature level of the material heated.

Jet-Heating for billets

The above characteristics suggested the idea of using these possibilities for billet heating as well. Experience with a first plant of this type, which began operating in 2011, has fully confirmed those expectations.

The decisive aspect of extrusion plant operation is cost. Here, what is basically true is that as regards energy costs, gas-fired furnaces are more advantageous than inductive heating units which operate with expensive electric power and at comparatively low efficiency.

Among the group of gas-fired furnaces the operating costs of Jet-Heating units are low because of their very high power density. A comparison of the alpha-value – which characterises the heat transfer efficiency (in Watts per unit area and degree Kelvin) – of conventional recirculation furnaces and Jet-Heating shows differences of the order of 4 to 1 in favour of Jet-Heating. Accordingly, the heating curve of an aluminium billet in the two furnace types differs.

For a high throughput, billet heating in induction furnaces is still preferred today. Owing to their very high power density induction furnaces can be built very compactly – an advantage which, however, has to be paid for with high investment costs. Classical air circulation furnaces with conventional flow-over heating are only conditionally suitable for high throughputs. Although they have considerable advantages as regards temperature accuracy, reproducibility of the temperature profile and the option of gas heating, because

of their comparatively low power density and the resulting large furnace dimensions they often do not provide an economically reasonable alternative to inductive heating.

With Jet-Heating technology it is now possible to combine the advantages of inductive heating with those of uniform, reproducible and cost-effective heating by convective heat transfer. This is attributable to the fact that with large-volume circulation furnaces the temperature of the hot air continually decreases while it is flowing over the material being heated. In contrast, with Jet-Heating the entire surface of the billet is acted upon by the same temperature and flow rate. Limitation of the useful space dimensions (in order to remain within specified narrow temperature tolerances) and reversal of the circulation flow are therefore not necessary with Jet-Heating.

Furnace units installed

In recent years BSN has already successfully used the Jet-Heating concept for other geometries, for example round forging billets, for the most varied components and for castings

Aluminiumbolzens in beiden Ofentypen.

Bei großem Durchsatz wird heute noch die Blockerwärmung mit Induktionsöfen bevorzugt. Aufgrund ihrer sehr hohen Leistungsdichte bauen Induktionsöfen sehr kompakt – ein Vorteil, der jedoch mit hohem Investitionsbedarf erkauft werden muss. Klassische Luftumwälzöfen mit konventioneller Überströmung eignen sich für große Durchsatzleistungen nur bedingt. Sie weisen bezüglich Temperaturgenauigkeit, Reproduzierbarkeit des Temperaturprofils und der Möglichkeit, mit Gas zu beheizen, zwar erhebliche Vorteile auf, doch aufgrund der vergleichsweise geringen Leistungsdichte und der daraus resultierenden großen Ofenabmessungen sind sie oft keine wirtschaftlich sinnvolle Alternative zur induktiven Erwärmung.

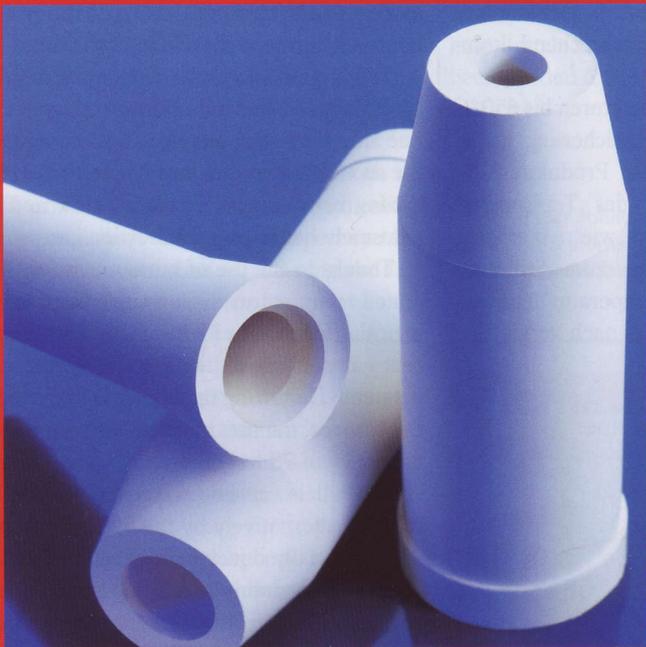
Mit der Jet-Heating-Technologie gelingt es nun, die Vorteile der hohen Leistungsdichte der induktiven Erwärmung mit denen der gleichmäßigen, reproduzierbaren und kostengünstigen Erwärmung bei der konvektiven Wärmeübertragung zu vereinen. Zurückzuführen ist dies darauf, dass bei großräumigen Umwälzöfen die Temperatur der Heißluft

während des Überströmens über das Wärmegut ständig abnimmt. Beim Erwärmen mittels Jet-Heating hingegen wird die gesamte Bolzenoberfläche mit immer gleicher Temperatur und Strömungsgeschwindigkeit beaufschlagt. Eine Begrenzung der Nutzraumabmessungen (um in vorgegebenen engen Temperaturtoleranzen zu bleiben) sowie ein Reversieren des Umwälzstromes sind bei Jet-Heating somit nicht erforderlich.

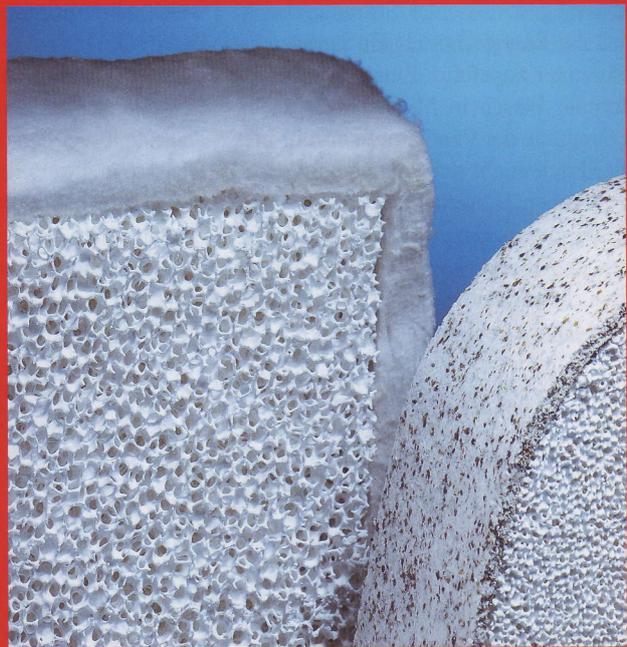
Installierte Ofenanlage

BSN hat in den letzten Jahren das Jet-Heating-Konzept bereits für andere Geometrien erfolgreich eingesetzt, zum Beispiel für runde Schmiedebolzen, unterschiedlichste Schmiedeteile und komplex geformte Gussteile. Auf Basis von über 100 gelieferten Anlagen kann das Unternehmen eine umfangreiche Erfahrung in der Auslegung und in der Anwendung des Systems vorweisen. Diese Kompetenz ist in die Konstruktion der ersten Blockerwärmungsanlagen eingeflossen.

Das Düsenfeld zur Blockerwärmung bildet, wie der Ofenquerschnitt erkennen lässt, exakt



Spouts and Stoppers



Ceramic Foam Filters

For Aluminium DC Casting



www.drache-gmbh.de · mail@drache-gmbh.de

die Geometrie des runden Bolzens nach. Der Bolzen wird damit sehr gleichmäßig in einem Beaufschlagungswinkel von 300 Grad angeblasen. Nur im Bodenbereich können keine Düsen angeordnet werden, da sich hier das Transportsystem befindet.

Die unmittelbare und gleichmäßige Nähe des Düsenfeldes zu den durchlaufenden Bolzen ermöglicht hier die Anordnung einer großen Anzahl von Düsen mit kleinem Durchmesser und damit den Erhalt einer maximalen Wärmeübertragung. Es wird ein konvektiver Wärmeübergangskoeffizient von ca. $200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ erreicht. Hinzu kommt der Anteil an Wärmestrahlung, der für Bolzen mit Guss-haut ($\epsilon = 20\%$) circa $20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und für abgedrehte Bolzen ($\epsilon = 5\%$) ca. $5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ beträgt.

Der weitere Aufbau des Ofens ist sehr vergleichbar mit den konventioneller Öfen mit Zwangskonvektion. In der Decke angeordnete Hochleistungsventilatoren blasen beidseitig aus und versorgen die Düsenrippen in allen Zonen gleichmäßig mit Heißluft. Über die Düsenkappen strömt die Heißluft senkrecht auf die Bolzenoberfläche. Die Abströmung der Heißluft erfolgt zwischen den Düsenrippen über den Heizraum zum Saugstutzen des Ventilators.

In diesen geschlossenen Strömungskreislauf wird die Energie mittels Hochgeschwindigkeitsbrenner zugeführt. Einseitig angeordnete Brenner blasen in Mischrohre, welche auf der Saugseite der Ventilatoren angeordnet sind. Hierdurch ergibt sich eine ideale Vermischung zwischen Umwälzstrom und den extrem heißen Brennerabgasen.

Durch den Einsatz von Brennern mit integriertem Rekuperator ergeben sich hohe feuerungstechnische Wirkungsgrade von – je

nach Brennertyp – 83 bis knapp 90 Prozent. Abzüglich des Leerwertes des Ofens arbeitet die Ofenanlage mit einem Gesamtwirkungsgrad von 78 bis 85 Prozent.

Der Bolzentransport kann durch eine Rollenbahn oder alternativ durch den speziell von BSN entwickelten Hubschrittförderer erfolgen. Der Hubschrittförderer ist vergleichbar mit einem Hubbalkensystem. Im Gegensatz zu diesem bietet dieses jedoch die Möglichkeit, den Ofenboden hermetisch zu schließen. Das ist bei der hohen Strömungsdynamik im Ofen (bei Düsenaustrittsgeschwindigkeiten von über $200 \text{ km}/\text{h}$) vorteilhaft. Ein Atmosphärenaustausch mit der Umgebung, welcher den Gesamtwirkungsgrad reduzieren und die Gleichmäßigkeit der Erwärmung mindern würde, kann nicht auftreten. Der Transport mittels Hubschrittförderer wird vorzugsweise bei empfindlichen Bolzenoberflächen und beim Transport von großen Bolzendurchmessern eingesetzt.

Die Unterteilung des Ofens in mehrere Regelzonen ermöglicht eine entsprechende Anpassung der Leistungsdichte über die Ofenlänge. In jeder Regelzone ist ein Andrückthermoelement angeordnet, das die Materialtemperatur direkt erfasst. Dies ermöglicht die Einstellung einer Übertemperatur, welche die Aufheizzeit deutlich verkürzt und damit den Ofenkörper entsprechend kompakter gestalten hilft.

Es können Heißlufttemperaturen bis $650 \text{ }^\circ\text{C}$ eingestellt werden. Die Absicherung gegen Überhitzung der Bolzen bei Produktionsunterbrechungen (Stillstand des Transportes) erfolgt durch Maßnahmen wie Absenkung der Ventilatorzahl bis zum Stillstand und Absenken der Ofentemperatur über ein integriertes Kühlsystem (das nach vergleichs-

of complex shape. On the basis of more than 100 units supplied, the company can claim to have extensive experience in the design and operation of the system. This competence went into the design of the first billet heating units.

As can be seen from the cross-section of the furnace, the nozzle array for billet heating exactly matches the geometry of the round billet. Thus, the billet is acted upon very uniformly over an angle of 300 degrees. Only in the bottom area can there be no nozzles, since that is where the transport system is located.

The direct and uniform proximity of the nozzle array to the billet passing through enables a large number of small-diameter nozzles to be arranged, thus obtaining maximum heat transfer. A convective heat transfer coefficient of around $200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ is achieved. This is supplemented by the heat radiation fraction, which for billets with a cast surface ($\epsilon = 20\%$) is around $20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ and for scalped billets ($\epsilon = 5\%$) is around $5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

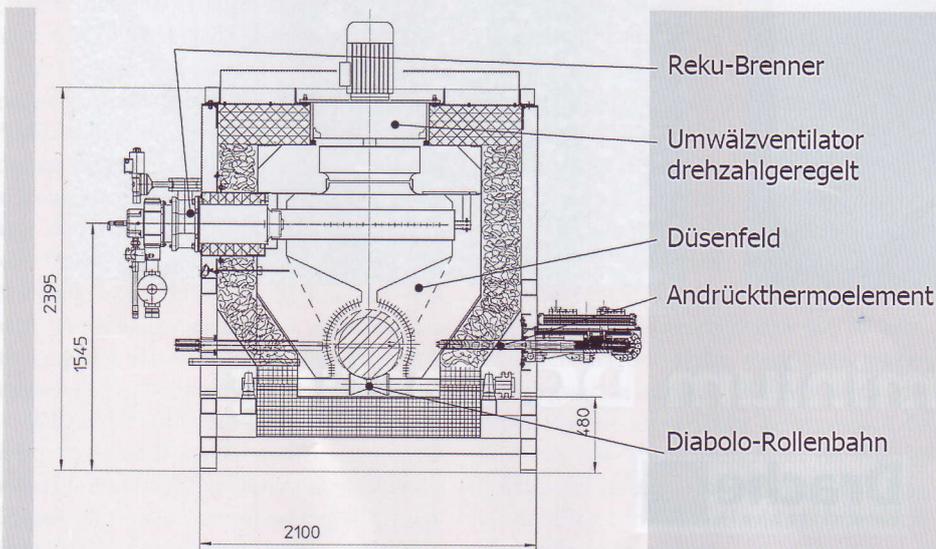
The rest of the furnace structure is very comparable to that of conventional, forced-convection furnaces. High-power fans in the cover blow from both sides and supply the nozzle fins in every zone uniformly with hot air. Through the nozzle caps, the hot air flows perpendicularly onto the billet surface. The hot air flows away between the nozzle fins, via the hot space to the suction inlet of the fan.

In this closed flow circuit energy is supplied by high-speed burners. Burners arranged on one side blow into mixing tubes arranged on the suction side of the fans. This ensures ideal mixing between the circulating flow and the extremely hot burner combustion gases.

Thanks to the use of burners with an integrated recuperators, high combustion-technological efficiencies of 83 to just under 90 percent – depending on the type of burner – are obtained. Deducting the idle-running value of the furnace, the unit operates with an overall efficiency of 78 to 85 percent.

The billets can be transported by a roller track or alternatively by the lifting stage conveyor specially developed by BSN. This conveyor is comparable to a lifting beam system, but in contrast to that it offers the possibility of sealing the bottom of the furnace hermetically. Granted the high flow dynamics in the furnace (with nozzle exit speeds of more than $200 \text{ km}/\text{h}$), this is an advantage. No atmospheric exchange with the surroundings, which would reduce overall efficiency and affect the uniformity of heating, can take place. Transport by means of the lifting stage conveyor is preferably used with sensitive billet surfaces and for the transport of large-diameter billets.

The division of the furnace into several dis-



Konstruktiver Aufbau eines Anwärmofens für Pressbolzen, einsträngig
Design of a single-strand heating furnace for extrusion billets



Jet-Heating-Ofen für die Blockerwärmung im Presswerk
Jet-Heating furnace for billet heating in the extrusion plant

tinct control zones enables the power density to be adapted as required over the length of the furnace. In each control zone is arranged a contact thermocouple, which measures the temperature of the material directly. This enables the setting of an excess temperature which substantially reduces heating time and therefore allows the furnace body to be made correspondingly more compact.

Hot air temperatures up to 650°C can be set. The billets are secured against overheating during production hold-ups (transport system stops) by measures such as reducing the fan speed, if necessary to zero, and reducing the furnace temperature by means of an integrated cooling system (which is necessary after comparatively lengthy production interruptions). Those measures are integrated into the plant control system.

The unit that has been operating until now is of two-strand design, equipped with a lifting stage conveyor. Sawn billet sections of diameter 15 to 17 inches and 1,600 mm long are heated. The nominal throughput is around 10 t/h or 20 billets/h with billets of 15-inch diameter.

- Dimensions of the furnace body: around 11 m long and 3.4 m wide

- Specific gas consumption for heating to 480°C: 145 kWh/t

- Specific current consumption for heating to 480°C: 12 kWh/t.

Thanks to the use of burners with an integrated recuperators, the said efficiencies are obtained already without any additional pre-heat stretch. The set-up space that would have been needed for this can therefore be saved.

Author

Dr.-Ing. Peter Johné was for many years Editor in Chief of this journal. He is now a freelancing journalist with main focus on extrusion technology.

weise langen Produktionsunterbrechungen notwendig ist). Diese Maßnahmen sind in die Anlagensteuerung integriert.

Die bisher in Betrieb befindliche Anlage ist zwei-strängig ausgeführt und mit einem Hubschrittförderer ausgestattet. Erwärmt werden gesägte Bolzenabschnitte mit 15 bis 17 Zoll Durchmesser und 1.600 mm Länge. Der Nenndurchsatz beträgt ca. 10 t/h bzw. 20 Bolzen/h mit einem Durchmesser von 15 Zoll.

- Abmessungen des Ofenkörpers: ca. 11 m Länge und 3,4 m Breite

- Spezifischer Gasverbrauch bei Erwärmung auf 480 °C: 145 kWh/t

- Spezifischer Stromverbrauch bei Erwärmung auf

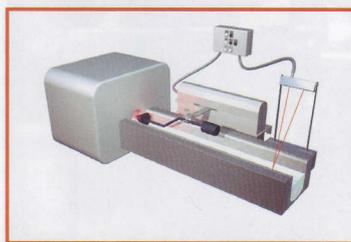
480 °C: 12 kWh/t

Durch den Einsatz von Brennern mit integriertem Rekuperator werden die genannten Wirkungsgrade bereits ohne zusätzliche Vorwärmstrecke erreicht. Der hierfür erforderliche Aufstellungsplatz kann damit eingespart werden.

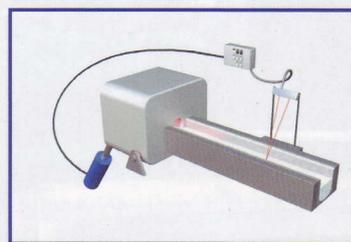
Autor

Dr.-Ing. Peter Johné war lange Jahre Chefredakteur dieser Zeitschrift und arbeitet heute als freier Journalist mit Schwerpunkt Strangpresstechnik.

Automatisieren Sie Ihre Ofensteuerung



Ein stationärer Gießofen lässt sich durch den Einsatz des Precimeter Tap-out Aktuators „PXP-6-E“ in Kombination mit einem „ProH Sensor“ und der Regler-Steuerung automatisieren. Dieses System garantiert die Einhaltung des Füllstandes an einem gewünschten Punkt mit einer Genauigkeit von 0,3 mm.



Ein Kippofen lässt sich durch den Einsatz des „ProH Sensors“ - kombiniert mit der Precimeter „Kippofensteuerung“ - automatisieren. Dieses System garantiert die Einhaltung des gewünschten Füllstandes mit einer Genauigkeit von 0,5 mm.

Wir automatisieren den Metallfluss komplett von Anfang bis Ende in bestehenden und neuen Gießanlagen für Walzbarren, Pressbarren, Bänder, Rundbarren und Masseln. Fragen Sie nach einem Angebot.

PRECIMETER®

Carli Precimeter GmbH, Kirberg 5, D-51674 Wiehl-Bielstein
phone: (+49) 22 62 70 16 24 fax: (+49) 22 62 70 16 25
carli@precimeter.com www.precimeter.com/dc