

Neues Ofenkonzept für die Warmumformung von Platinen bzw. Fahrzeugbauteilen aus hochfesten Aluminiumlegierungen

Anforderungen an das Ofenkonzept



- Schnelle Erwärmung um bei hohen Durchsatzleistungen bzw. kurzen Taktzeiten wirtschaftliche und praktische Ofengrößen einsetzen zu können
- Sicheres bzw. reproduzierbares Erwärmen in eine für die Warmbehandlung von Alu-Legierungen erforderlichen engen Temperaturtoleranz von mind. ± 5 K; auch bei Produktionsunterbrechung, geringer Ofenbelegung und plötzlicher Veränderung der Platinengeometrie
- Nutzung der – im Vergleich zur elektrischen Energie – deutlich preisgünstigeren Gasenergie, auch um die hiermit hohe Leistungsdichte zu erhalten
- Gute Integrierbarkeit in verkettete Produktionslinien und hohe Verfügbarkeit

Bekannte bzw. zur Verfügung stehende Erwärmungsarten



Im Wesentlichen:

- Induktive Erwärmung
- Konvektive Erwärmung mit klassischer Überströmung
- Kontakterwärmung
- Infrarotstrahlung
- Jet-Heating

Bezüglich den in Tabelle 1 aufgeführten Vor- und Nachteilen der verschiedenen Erwärmungsarten sehen wir „Jet-Heating“ als das am wesentlich geeignetste an.

Bekannte bzw. zur Verfügung stehende Erwärmungsarten

Tabelle 1

	Vorteile	Nachteile
Induktive Erwärmung	<ul style="list-style-type: none"> - Schnellste Erwärmung → kompakte Ofeneinheiten → kürzeste Anlaufzeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Bei unterschiedlichen Platinenproportionen evtl. Spulenwechsel erforderlich - Kühlwasser erforderlich - Hoher Verbrauch an „teurem“ Strom
Konvektive Erwärmung	<ul style="list-style-type: none"> - Sichere Einhaltung der vorgegebenen Prozessparameter; bei allen Betriebszuständen - Nutzung von Gas- oder Stromenergie möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Geringe Leistungsdichte → sehr große Ofenabmessungen; Durch hohe Anschaffungs-kosten und Platzverbrauch keine Alternative
Kontakterwärmung	<ul style="list-style-type: none"> - Schnelle Erwärmung → kompakte Ofeneinheiten 	<ul style="list-style-type: none"> - Auswirkung der erheblichen Wärmeausdehnung von „eingeklemmten“ Platinen auf die Oberflächen im Serien-betrieb ist noch nicht geklärt - Induktive Erwärmung der Kontaktplatten erfordert Stromenergie - Ist ausreichender Wärmetransfer durch die Kontaktplatten für Serienbetrieb – kurze Taktzeiten – technisch möglich
Infrarotstrahlung	<ul style="list-style-type: none"> - Bei hoher Übertemperatur am Strahler schnelle Aufheizzeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Sehr hohes Prozessrisiko bei hoher Übertemperatur; insbesondere bei Produktionsunterbrechungen - Hohes Prozessrisiko durch unterschiedliche Emissionsgrade der Aluminiumoberflächen; ein dauerhaftes und sicheres Einhalten von engen Temperaturtoleranzen begrenzt möglich
Jet-Heating	<ul style="list-style-type: none"> - 4-5-fach schnellere Erwärmung als konvektive Erwärmung - Breites Anwendungsspektrum; z. B. auch für bereits vorgeformte Bauteile - Sichere Einhaltung der vorgegebenen Prozessparameter; bei allen Betriebszuständen - Nutzung von Gas- oder Stromenergie möglich - Kein Kühlwasserbedarf - Kein Umrüsten erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - Größere Baumaße im Vergleich zur induktiven Erwärmung

Was ist Jet-Heating ?

Jet-Heating ist eine äußerst intensive konvektive Erwärmung mittels Prallströmung; hier im Prinzip dargestellt:

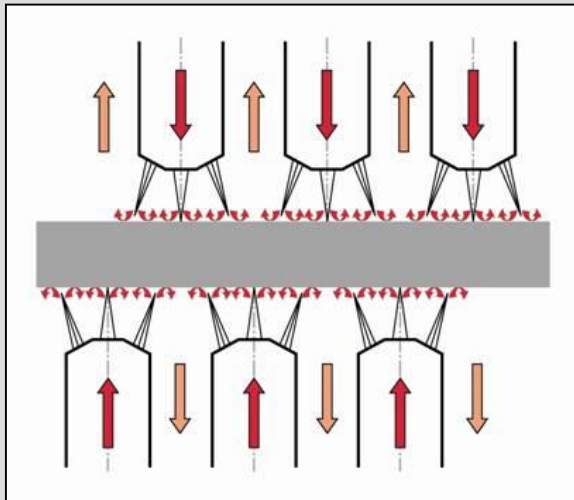


Abbildung 1:
Prinzipielle Darstellung des Jet-Heating

Wichtigste konstruktive Anforderungen:

- Gleichmäßige Versorgung aller Düsenkanäle mit Heißluft
- Einhaltung der Proportionen bezüglich Düsendurchmesser/Düsenabstand und Strömungsrichtung
- Aufbau Strömungsführung für eine Abführung der Wärme abgebenden Heißluft ohne Beeinträchtigung des „Düsenfeldes“

Was ist Jet-Heating ?

Auslegungs-Grundlagen des Erwärmungssystems:

Wärmeübergangswert:

$$\alpha = f (v_D; \varnothing_D; \sigma; T)$$

$$\alpha = K_0 \times \left(\frac{v_D}{v_{D0}}\right)^x \times \left(\frac{\varnothing_{D0}}{\varnothing_D}\right)^x \times \left(\frac{\sigma}{\sigma_0}\right)^z \times K_T \times K_{S/\varnothing_D} \times K_{Geom.}$$

Was ist Jet-Heating ?

Hier sind die Wärmestromdichten für verschiedene Arten an Wärmeübergängen dargestellt. Das enthaltene Diagramm zeigt die – im Vergleich zur Konvektion und Strahlung – hohe Wärmestromdichte von Jet-Heating

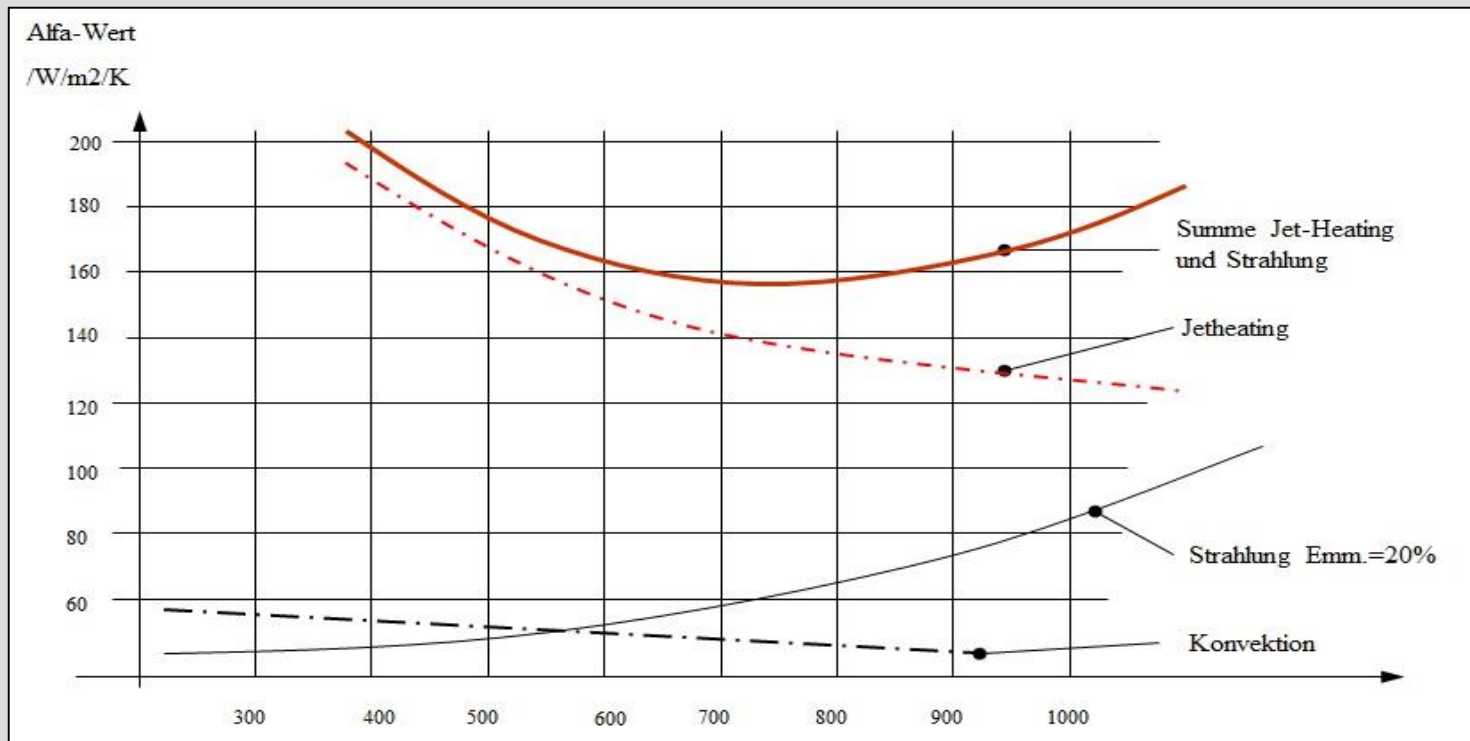


Abbildung 2:
Wärmestromdichten von verschiedenen Arten an Wärmeübergängen

Was ist Jet-Heating ?



Dieses Erwärmungskonzept ist für das effiziente Erwärmen und Trocknen von durchlaufendem Bandmaterial entwickelt worden (Metalle und Textilien). BSN hat dieses für die Erwärmung und die Warmbehandlung von Stückgut aus Aluminium wie Schmiedebolzen, Platinen, Halbzeugen wie auch Gussteile im Markt etabliert.

Beispielhafte Darstellung eines Ofenkonzeptes mit besonderen Leistungsmerkmalen

- Wärmerückgewinnung durch die Kombination Jet-Heating/Jet-Cooling
- Zusätzliche Erhöhung der Durchsatzleistung durch prozesssichere Einstellung einer Übertemperatur im Oberraum



Abbildung 3:
Kammerofenanlage für das Homogenisieren von Aluminium-Barren

Beispielhafte Darstellung eines Ofenkonzeptes mit besonderen Leistungsmerkmalen

Die Ofenanlage unterteilt sich in Anwärmöfen, Halteöfen und Wärmetauscheröfen. Der Materialfluss erfolgt vollautomatisch mittels Chargiermaschine.

Die Einzelerwärmung der Barren erfolgt mit Jet-Heating; hier ist der Querschnitt des Erwärmungsofens dargestellt. Jet-Heating wirkt beidseitig des stehenden Barrens.

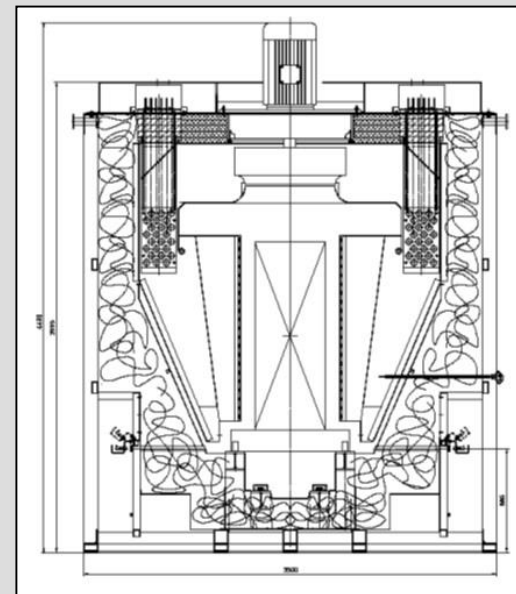


Abbildung 4:
Querschnitt Erwärmungsofen

Beispielhafte Darstellung eines Ofenkonzeptes mit besonderen Leistungsmerkmalen

Nach dem Erwärmen werden die Barren zum Homogenisieren in Temperatur-Halteöfen umgesetzt, welche jeweils eine Aufnahmekapazität von mehreren Barren haben.

Die nachfolgende Abkühlung erfolgt in sogenannten Wärmetauscheröfen. Deren Querschnitt ist hier dargestellt.

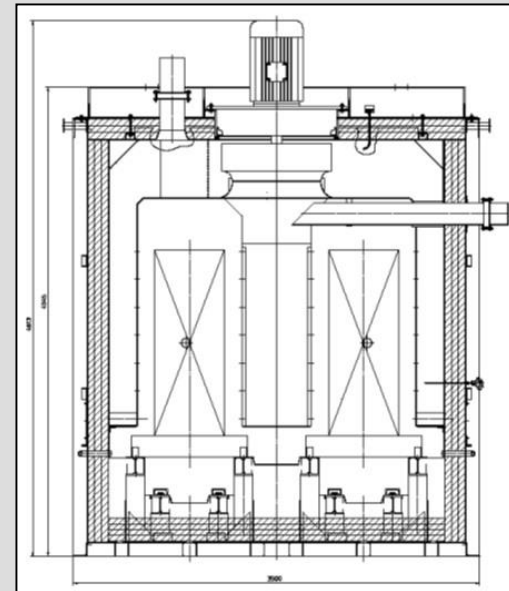


Abbildung 5:
Querschnitt Wärmetauscherofen

Beispielhafte Darstellung eines Ofenkonzeptes mit besonderen Leistungsmerkmalen



Jeder Ofen hat eine Aufnahmekapazität von zwei Barren. Einem abzukühlenden Barren wird jeweils ein aufzuwärmender Barren zugeordnet. Im Umwälzstrom stellt sich eine Mitteltemperatur zwischen beiden Barren ein. Hierbei wirkt der Umwälzstrom auf den aufzuwärmenden Barren wie Jet-Heating und auf den abzukühlenden Barren wie Jet-Cooling. Bei gleich dimensionierten Barren lassen sich die für ein spannungsarmes Behandeln einzustellenden Abkühlgradienten von max. 40 K/h exakt fahren.

Die Ausstattung der Behandlungslinie mit zwei Wärmetauscheröfen bietet die Möglichkeit eines Umsetzen von Barren während der Abkühlphase; damit kann dem heißesten Barren ein bereits vorgewärmter zugeordnet werden, während ein kalter Barren nur einem schon teilweise abgekühlten zugeordnet wird.

Beispielhafte Darstellung eines Ofenkonzeptes mit besonderen Leistungsmerkmalen



Mit dieser Fahrweise gehen die behandelten Barren mit ca. 180 °C aus der Wärmebehandlungslinie heraus und die zugeführten mit ca. 300 °C in den Erwärmungsofen hinein. Hieraus errechnet sich ein Wärmerückgewinn von ca. 60 %.

Die nächste Folie zeigt ein Diagramm zur Gesamterwärmung eines Barrens. Die Erwärmungsphase bei der oben genannten Barrenvorwärmtemperatur von 300 °C ist markiert. Die im Ofen eingestellte Übertemperatur wird über ein Andrückthermoelement abgesichert. Durch die Vorwärmung und die Einstellung einer Übertemperatur wird die Aufheizzeit eines Barrens mit 600 mm Dicke und 10 t Gewicht auf nur noch ca. 2 h reduziert. Damit beträgt der Nenndurchsatz der zuvor dargestellten Ofenanlage 5 t/h.

Beispielhafte Darstellung eines Ofenkonzeptes mit besonderen Leistungsmerkmalen

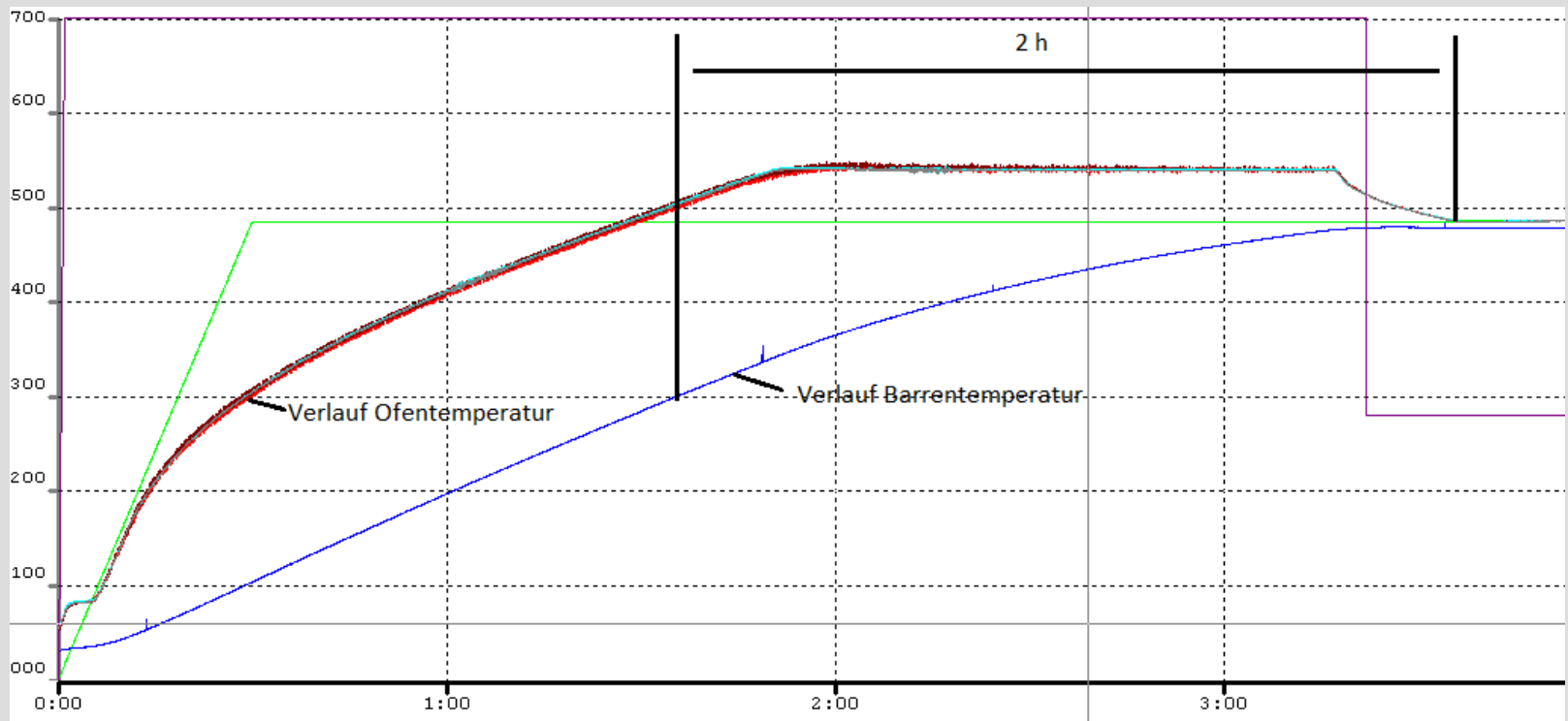


Abbildung 5:
Erwärmungsverlauf eines Barrens

Beispielhafte Darstellung eines Ofenkonzeptes mit besonderen Leistungsmerkmalen



Tabelle 2

Wirtschaftliches Ergebnis im Vergleich ohne Vorwärmung

	Mit Vorwärmung	Ohne Vorwärmung
Durchsatz	5 t/h	2,8 t/h
Für Vergleich relevanter Energieaufwand, Brutto, ca.	310 kW	405 kW
Jährliche Energiekosten bei 6.000 h und Stromtarif von 0,12 €/kWh	223.000 €	292.000 €
Anschaffungskosten	1.800.000 €	1.400.000 €
Gesamt-Anschaffungskosten und Energiekosten über einen Zeitraum von 10 Jahren, ca.	4.030.000 €	4.320.000 €
Alternativ spezifische Kosten, ca.	13 €/t	26 €/t

Neues Ofenkonzept mit Jet-Heating



Es handelt sich um einen Mehrlagen-Kammerofen bzw. dem aus dem Presshärtebereich für Stahlplatinen bekannten Multilayer-Ofen. Die Architektur des Ofenkonzeptes ermöglicht eine signifikant geringere Bauhöhe als die Stapelung von Einzelkammern. Der kennzeichnende Unterschied zum Ofen für die Stahlerwärmung ist natürlich die für Aluminium zwingend erforderliche konvektive Erwärmung.

Wie dargestellt, werden die Platinen bzw. Batches auf z. B. 6 Ebenen beidseitig mit intensiver Prallströmung (Jet-Heating) beaufschlagt. Hierdurch werden sehr kurze Erwärmungszeiten realisiert; das Erreichen von den geforderten engen Temperaturtoleranzen, von z. B. ± 3 K, kann sicher gewährleistet werden. Diese ist erforderlich, da zusätzlich zum Erwärmen auch das Lösungsglügen durchgeführt wird. Der nacheinander und taktweise erforderliche Materialtransfer zum Ofen sowie zwischen Ofen und Presse wird durch die zugehörige Automatisierung von AP&T durchgeführt.

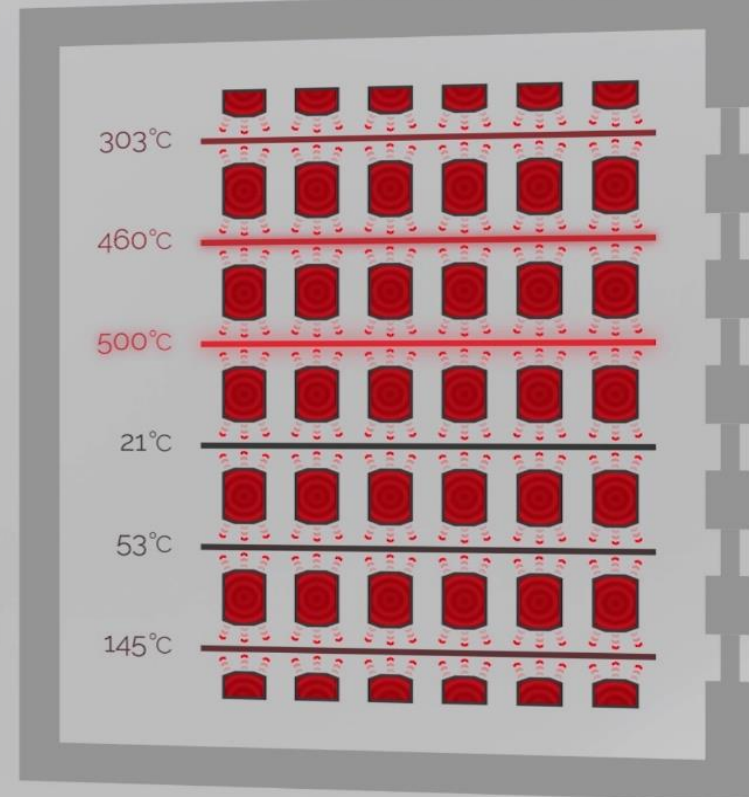
Neues Ofenkonzept mit Jet-Heating

Schematische Darstellung des Ofenkonzeptes

NEW DEVELOPMENT

AP&T MULTI LAYER CHAMBER FURNACE
WITH BSN JET HEATING TECHNOLOGY

- HEAT UP QUICKLY
- HIGH TEMPERATURE UNIFORMITY
- WITH GAS OR ELECTRIC HEATING



Neues Ofenkonzept mit Jet-Heating



Die konstruktiven Anforderungen an dieses Konzept sind:

1. Einhaltung der bezüglich Materialtransfer erforderlichen geringen Bauhöhe.
2. Strömungsführung für gleichmäßige Versorgung „aller“ Düsenebenen mit Heißluft (Volumenstrom und Druck).
3. Integrierung von filigranen bzw. strömungsgünstigen Bauteilablagen.
4. Sehr gute Vermischung der zentral zugeführten Brennerabgasen mit hoher Leistungsdichte um Überhitzungen sowie heiße Strahlen im Luftstrom zu vermeiden.
5. Trotz kompakter Bauweise montage- und wartungstaugliche Ausführung.
6. Ausreichendes Massenstromverhältnis (Menge Umwälzstrom/Menge Bauteil-durchsatz) um die taktweise Zuführung von kalten Platinen (Störgröße) sicher kompensieren zu können.

Neues Ofenkonzept mit Jet-Heating



Die wesentlichen Vorteile dieses neuen Ofenkonzeptes sind:

- Schnelle und sehr gleichmäßige Erwärmung
- Geringer Platzbedarf, z. B. 6-etagig; damit beträgt die Baulänge nur ca. 1/6 von Durchlauföfen mit Jet-Heating
- Einsatz von preisgünstiger Gasenergie möglich; z.B. durch Reku-Brenner mit hohem feuerungstechnischen Wirkungsgrad

Im Vergleich zu der häufig präsentierten induktiven Erwärmung, sind die im Vergleich geringen Energiekosten schon alleine eine klare Entscheidungsgrundlage zugunsten des neuen Ofenkonzeptes mit Jet-Heating.

Neues Ofenkonzept mit Jet-Heating



Vergleich der jährlichen Energiekosten mit einer Induktionsbeheizung

	Jet-Heating	Induktion
Nutzwärme bei 2.700 kg/h	392 kW	392 kW
Gesamt-Wirkungsgrad	78 %	65 %
Erf. Produktionsleistung	502 kW	603 kW
Ø Energiepreis	0,045 €/kWh	0,12 €/kWh
Jährliche Energiekosten bei 6.000 h	136.000 €	434.000 €

Vergleichsgröße: 1 Stück 6-etagiger Kammerofen für 90 Batches/h \cong 2.700 kg/h mit 120 sec. Temperatur-Haltezeit bei 540°C

Zusammenfassung



Mit diesem neuen Ofen präsentieren AP&T und BSN ein modular erweiterbares Konzept, welches im Vergleich erhebliche prozesstechnische, wirtschaftliche und praktische Vorteile aufweist.

Auf Basis von über 300 von BSN für ähnliche Bedarfsfälle gelieferte Ofenanlagen mit Jet-Heating kann BSN für die Platinenerwärmung auf ein für die Serienproduktion ausgereiftes Erwärmungssystem zurückgreifen und in ein neues Ofenkonzept integrieren.

Zusammenfassung



Vorteile:

Zuverlässig in der Einhaltung von vorgegebenen Behandlungsparametern (auch bei wechselhaften Betriebsbedingungen), sicherer Materialfluss, gute Einbindung in verkettete Produktionslinien; sehr wesentlich sind weiterhin geringste Wartungs- und Ersatzteilkosten, da keine Transportvorgänge durch Bänder, Ketten etc. im Ofenraum getätigt werden müssen. Dieses, sowie die Ausstattung der Kammeröfen mit nur 1-2 Regelzonen und damit entsprechender geringer Anzahl an Umwälzaggregate sowie Brennern machen die Anschaffungskosten sehr wettbewerbsfähig.

Die Ofenanlagen können auf die Anforderungen des jeweiligen Bedarfsfalles ausgelegt werden; bezüglich Durchsatzleistung, Nutzraumabmessungen und Anzahl der Aufnahmeebenen.