

Sonderdruck aus "GASWÄRME International", Band 49 (2000), Heft 7/8, Seiten 341-346

Neuer Rollenherdofen mit Gasabschreckung – der Ofen für integrierte Wärmebehandlungen

Dr. mont. Bernd Edenhofer, Dipl.-Ing. Karl-Heinz Edler, Ipsen International GmbH, Kleve

Neuer Rollenherdofen mit Gasabschreckung - der Ofen für integrierte Wärmebehandlungen

New Roller-Hearth Furnace with Gas Quenching
the Furnace for Integrated Heat Treatments

Schutzgasbetriebene Rollenherdöfen mit Rollendurchmessern zwischen 10 und 50 mm sind hervorragend für das Härten oder auch Einsatzhärten von Einzelteilen wie Wälzlagering, Kupplungsscheiben und dergleichen geeignet.

Sie wurden in der Vergangenheit ausschließlich mit flüssigen Abschreckbädern (Öl oder Salz) betrieben mit den entsprechenden Nachteilen bezüglich Umweltbelastung und Verzug der gehärteten Teile.

Mit dem neuen Schutzgas-Rollenherdofen mit Gasabschreckeinrichtung steht jetzt eine Wärmebehandlungsmaschine für Serienteile zur Verfügung, bei der diese Nachteile vermieden werden und erstmals das Prinzip der "trockenen Härtung" und der "Net-shape-Wärmebehandlung" bei mit brennbaren Schutzgasen betriebenen Ofen industriell realisiert wird.

Roller-hearth furnaces operated with protective gas and equipped with rollers with a diameter between 10 and 50 mm are excellently suited for the hardening and casehardening of single parts like bearings rings, clutch disks etc.

In the past these furnaces were operated with fluid quench baths (oil or salt) only, with the corresponding disadvantages with respect to environmental impact and part distortion.

The new protective gas operated roller-hearth furnace with gas quench system represents a heat treatment machine for series-produced components, avoiding the a.m. disadvantages. For the first time, the principle of "dry quenching" and "net-shape" heat treatment has been industrially realised in furnaces operating with combustible protective gases

Das Bedürfnis der Industrie, Wärmebehandlungsanlagen wie eine normale Werkzeugmaschine in die Fertigung zu integrieren, wird im Zuge der Automatisierung und Rationalisierung immer ausgeprägter. Dabei muss die Behandlungsdauer in den Bereich von Minuten abgekürzt werden. Die Firma Ipsen hat seit Jahren auf diesem Gebiet erfolgreich geforscht und entwickelt. Zahlreiche Ein- und Mehrkammeröfen wurden bereits in den Produktionsfluss integriert [1, 2, 3].

Einschränkend muss jedoch gesagt werden: Diese Kammeröfen arbeiten nur satzweise mit mehr oder weniger großen Chargen. Eine reine kontinuierliche Fertigung ist hiermit nicht gegeben. Ofenzyklen von wenigen Minuten sind nicht zu erzielen.

Kippschalenöfen, in die Produktionslinie integriert, arbeiten mit relativ kleinen Chargen von Schüttgut in kurzer Taktfolge

Dr. mont. Bernd Edenhofet; Dipl.-Ing.
Karl-Heinz Edlet; Ipsen International
GmbH, Kleve

ge und Abschreckung im Fallschacht. Hierbei ist es jedoch nicht möglich, eine gerichtete Einzelabschreckung vorzunehmen [4].

Bandöfen, die ähnliche Wärmebehandlungsaufgaben wie der Kippschalenofen übernehmen können, haben die gleiche Einschränkung. Auch hier ist keine gerichtete Einzelabschreckung möglich. Hinzu kommt noch eine weitere Komplikation, und zwar die unsichere Chargentrennung [5].

Drehherdöfen werden in Verbindung mit Be- und Entladerobotern in Sonderfällen für das Härten von Einzelteilen eingesetzt. Auch dieser Ofentyp bildet keine Ideallösung für kontrollierte Einzelabschreckung, wie sie heute gefordert wird.

Gegen eine solche Ofenanlage spricht

- der hohe Platzbedarf,
- die teuren Investitionen für Robotersysteme sowie
- die schwierige Führung der Schutzgasatmosphäre.

Der bereits auf dem Markt befindliche schutzgasdichte *Rollenherdofen* für das

automatische Einzelhärten von Wälzlagering, Federscheiben, Kupplungsscheiben und dergleichen kommt der integrierten Wärmebehandlungsanlage mit Einzelabschreckung am nächsten.

Die Teile werden ohne Unterlagen auf kleinen, einzeln angetriebenen Rollen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten durch den Ofen transportiert.

Die bekannten Rollenherdöfen haben jedoch den Nachteil, dass einzeln angetriebene und gasdicht installierte Rollen einen hohen Herstell- und Wartungsaufwand benötigen. Die Prozesssicherheit und ein hoher Grad an Verfügbarkeit sind nicht gewährleistet.

Rollenherdöfen

Ipsen hat eine neue *Rollenherdofengeneration* mit einer Vielfalt von Abkühlungsarten in ihr Standardofenprogramm aufgenommen. Sie bedient sich bei dieser Ofenbauart eines neuen, aber in der Praxis bereits erprobten und patentierten Modulsystems (Rollmod) [6].

Rollenherdöfen mit kleinen Rollendurchmessern (etwa 10 bis 50 mm) und enger Teilung (ca. $1,2 \times D$) bilden eine Art rollenden Tisch für den Transport von Scheiben und Ringen, aber auch für beliebige Kleinteile als Schüttgut in leichten Rosten oder Körben aus Drahtgeflecht. Da die Körbe volle Unterstützung erfahren, können sie aus sehr leichtem Geflecht hergestellt werden, so dass deren Erwärmung und Kühlung nicht gestört wird und die Energieverluste minimal bleiben.

Das größte Problem der herkömmlichen Rollenherdöfen, bei denen die Rollen einzeln ein- oder ausgebaut werden, ist der sehr hohe Herstellungs- und Wartungsaufwand für die erforderliche Transportgenauigkeit. Schon ein geringes Durchbiegen der Rollen bewirkt eine unterschiedliche Transportgeschwindigkeit zwischen den innen und außen lagernden Teilen, so dass eine sichere Aufnahme in die Härteform nicht mehr gegeben ist. Eine geringe Durchbiegung metallischer oder der Bruch keramischer Rollen kann bei dem großen Verhältnis Rollendurchmesser zu Rollenlänge aber nie ganz ausgeschlossen werden. Deshalb weist das neue, modular aufgebaute Rol-

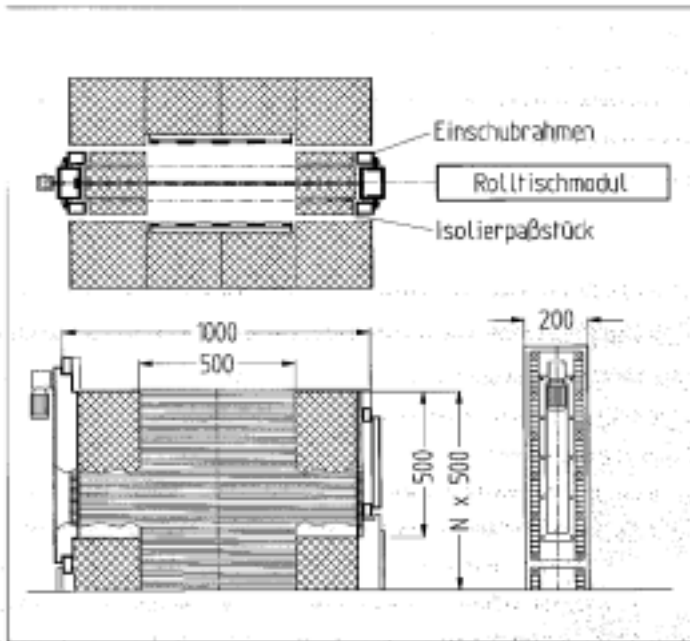


Bild 1:
Prinzipkizze der
Rollenherdmodule
Fig. 1:
Principle of roller-
hearth modules

Die Beheizung der Rollenherdöfen erfolgt durch horizontal angeordnete Gasstrahlrohre, die mit Erdgas betrieben sind und eine Bruttoleistung von je ca. 25 kW haben (**Bild 2**). Bei der Erwärmung von Kleinteilen ist jedoch nicht allein die zur Verfügung stehende Heizleistung maßgebend, sondern vielfach der Wärmeübergang an der Oberfläche der Teile, der die Aufheizzeit der einlagigen Beschickung bestimmt. Je nachdem, ob mit oder ohne Übertemperatur gearbeitet wird, beträgt die Wärmezeit auf Härtetemperatur 1 bis 1,5 min/mm Wanddicke. Für die kontrollierte Schnellerwärmung mit Übertemperatur wird zweckmäßig für jedes Modul eine Regelzone vorgesehen. In den Haltezonen liegen die Temperaturabweichungen innerhalb von $\pm 3\text{ K}$ (**Bild 3**).

Die Rollenherdöfen werden in der Regel ohne mechanische Umwälzung betrieben. Für die einlagige Beschickung reicht

lenherdprinzip eine wesentliche Vereinfachung bei der Herstellung und der Wartung auf,

Die Lösung dieses Systems beruht darauf, dass eine Vielzahl von Rollen modular in Montage- und Wartungseinheiten von 500 mm Länge zusammengefasst sind.

Bild 1 zeigt die Herdrollen mit dem Durchmesser D und einer Teilung T , das schutzgasdichte Antriebsgehäuse mit dem Kettenantrieb sowie dem Antriebsmotor, die Lagerplatte auf der Gegenseite und die Isolierformstücke; die die Rollen dicht umschließen. Zwischen dem Ober- und dem Unterofen befindet sich ein Rahmen aus Hohlprofilen, in dem Module abwechselnd auf beiden Seiten eingeschoben und schutzgasdicht angeflanscht werden;

Jedes Modul hat einen eigenen frequenzgesteuerten Antrieb im Drehzahlbereich von 50:1, ausreichend für den langsamen und den schnellen Ofengang. Damit ergeben sich zahlreiche Varianten für den Durchlauf der Teile, vom kontinuierlichen Transport bis zum Taktbetrieb durch Schleusen zur Verminderung des Schutzgasverbrauchs. Trotz der engen Rollenteilung kann der Ofen neben der Standard-Oberheizung auch noch unterhalb der Rollen beheizt werden, weil die sich drehenden Rollen die Wärme gut und gleichmäßig an die Teile übertragen. Damit wird eine gleichmäßige und spannungsarme Erwärmung der Werkstücke erreicht, was beispielsweise in einem Bandofen, bei dem zuerst das Band erwärmt werden muss, um die Wärme an das Werkstück abgeben zu können, nicht gegeben ist.

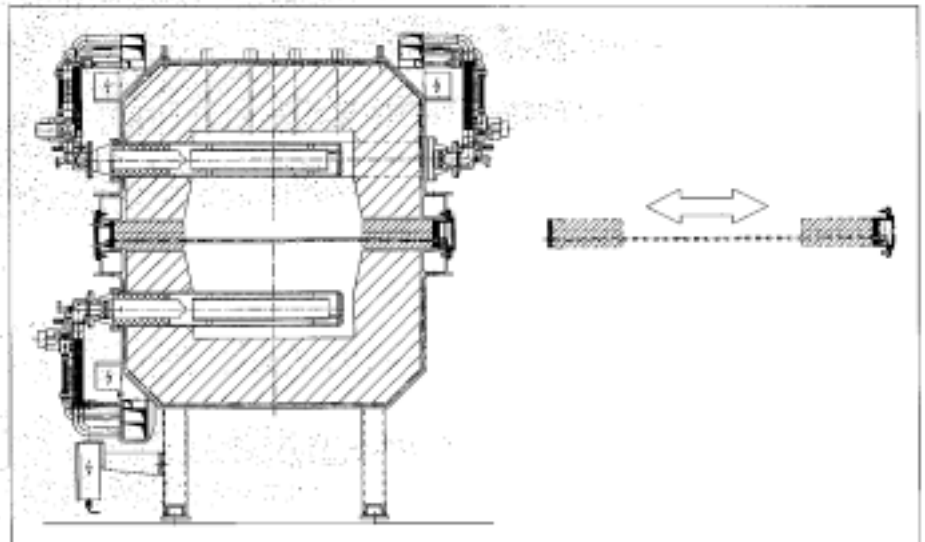
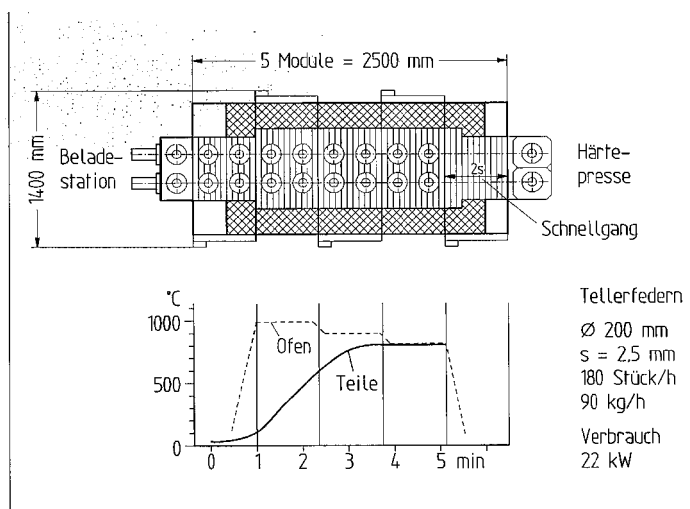


Bild 2: Schema eines Rollenherdofens
Fig. 2: Cross-section of roller-hearth furnace



eine durch Strahlung und Eigenkonvektion sich einstellende Schutzgasumwälzung vollkommen aus (Bild 4).

Wartung und Wechsel der Rollenmodule

Obwohl die Rollentriebsmodule sich durch eine lange Lebensdauer auszeichnen, ist es jedoch von Zeit zu Zeit notwendig, einen Austausch der Module vorzunehmen, um einen sicheren Ofenbetrieb zu gewährleisten.

Bei einem solchen Modulwechsel treten die Vorteile gegenüber einem normalen Rollenherdofen deutlich hervor.

Der Ofen wird auf 500 °C abgesenkt, und das defekte Ofenmodul lässt sich mit wenigen Handgriffen über eine Vorrichtung aus dem Ofen demontieren. Über die gleiche Vorrichtung wird das bereitgestellte neue Modul in den Ofen eingebaut und befestigt, und der Ofen ist damit wieder betriebsbereit.

Die Ofenstillstandzeiten werden hierdurch auf ein Minimum reduziert, die Verfügbarkeit liegt im Bereich von über 95%.

Abkühlsysteme

Der Rollenherdofen kann mit einer Vielzahl von Abkühl- bzw. Abschrecksystemen ausgerüstet werden. Da die Teile im Schnellgang mit rund 250 mm/s aus dem Ofenraum durch den Ofenhals in die Abkühlvorrichtung transportiert werden können, werden die Abkühlvorrichtungen hinter dem Ofen montiert und nicht - wie beim Bandofen üblich - unterhalb des Ofens. Neben dem vereinfachten Transportsystem hat sich auch bewährt, dass durch diese Anordnung Dämpfe von Wasser, Salz oder Öl nicht in den Ofen gelangen können.

Auswahl der Kühlungsarten

Als Abschrecksysteme für den Rollenherdofen kommen Ölbäder, Salzbad, Polymere, Härtepressen, Gasdüsenfelder oder Gaskühlformen in Frage (Bild 5).

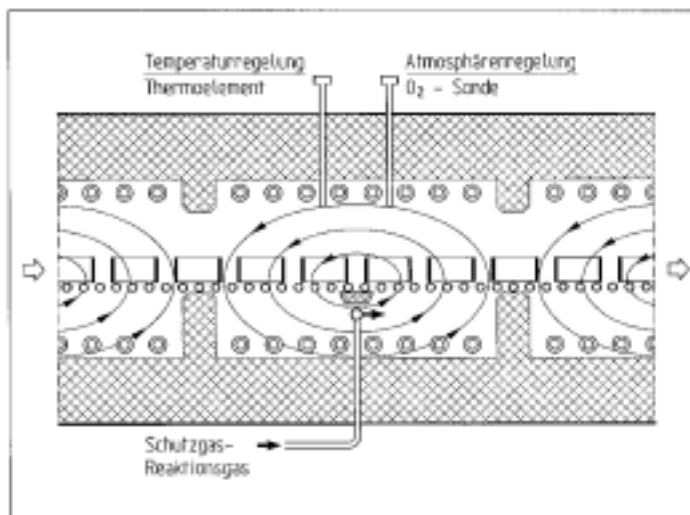
Für die verzugsarme Härtung werden bisher vorzugsweise Salzbad und Härtepressen eingesetzt.

In Salzbadern erfolgt die gerichtete Abschreckung meist einlagiger Chargenkonfigurationen durch Absenken eines Rollenbahnsegmentes in das Bad. Hierbei birgt das periodische Eintauchen der Rollenlagerungen und Rollentriebselemente in das Salzbad erhebliches Problempotential mit hohem Wartungsaufwand.

Aus diesem Grunde wurde ein neues System - genannt "Quench-Harfe" - entwickelt, das ein störungsfreies Umsetzen

Bild 4: Prozessüberwachung in einem Rollenherdofen

Fig. 4: Process control in a roller-hearth furnace



der Charge in das Flüssigbad ermöglicht. Bei diesem patentierten System sind zwischen den Rollen dünne Drähte angebracht, auf denen die Charge nach Wegklappen des Rollensegmentes ruht.

Die Drähte sind über einen darüber befindlichen Bügel gespannt, der beim Abschrecken nach unten abgesenkt wird, bis die Charge auf den Drähten in das Bad eintaucht.

Der Vorteil dieser neuen Einrichtung liegt darin, dass erstens keine beweglichen

Teile in das Bad eintauchen und somit kein Störungspotential an dieser Stelle mehr existiert

Zweitens erlauben die dünnen Drähte im Gegensatz zu eng gelagerten Rollen eine fast ideale Anströmung der zu härtenden Teile.

Für die Integration in Fertigungsstraßen ist das trockene Härten, d. h. das Härten in Gas, besser geeignet als die Flüssigkeitsabschreckung.

Die Anwendung dieser Technik scheiterte

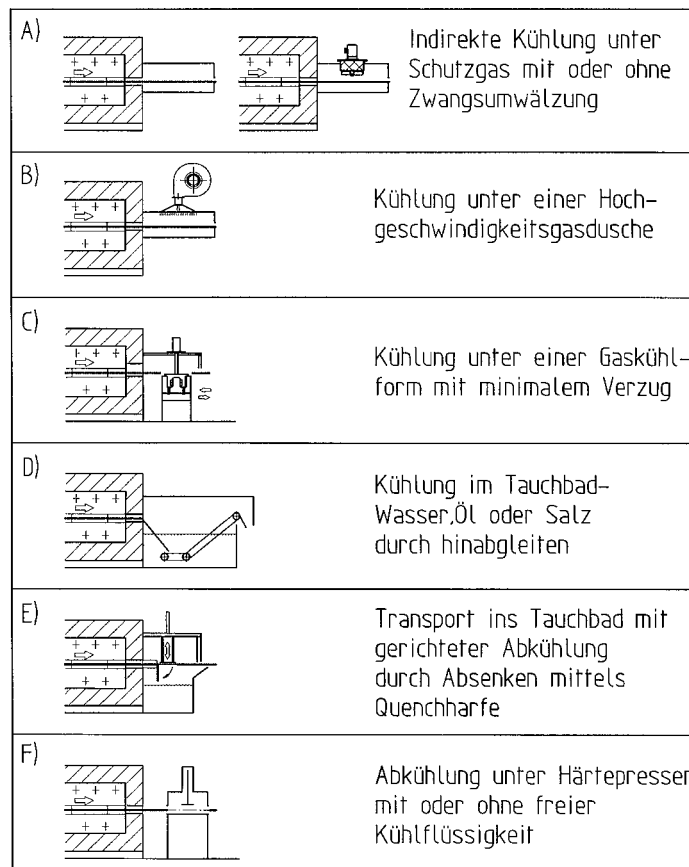


Bild 5: Verschiedene Abschrecksysteme Rollenherdöfen
Fig. 5: Different quench systems for roll hearth furnaces

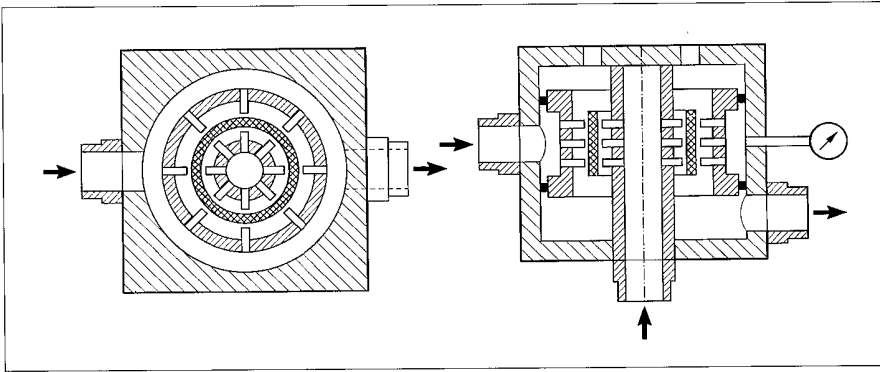


Bild 6: Gasoform Abschreckeinrichtung für das Härten von zylindrischen Komponenten
Fig. 6: Gasoform quenching system for the hardening of cylindrical components

Bild 7: C-Pegel-geregelter Atmosphären-Rollenherdofen mit Gasabschrecksystem zum Härten von Wälzlagering

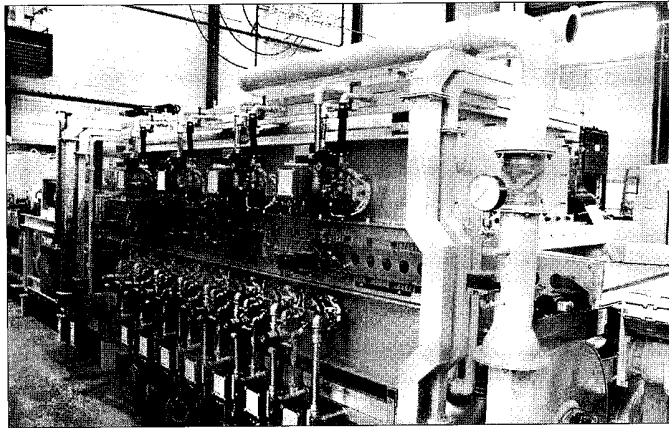


Fig. 7: Carbon potential controlled roller-hearth furnace with gas quenching system for the hardening of bearing rings

bisher noch an der begrenzten Abschreckintensität von Luft, Stickstoff oder anderen Gasen. Durch Entwicklung spezieller Düsenysteme ist es jetzt aber gelungen, auch gering legierte Konstruktionsstähle, wie z. B. den Wälzlagerstahl 100Cr6, bis zu Durchmessern von 20 mm im Gasstrom (Stickstoff) zu härten. Hierzu wurden spezielle flächige Düsenfelder entwickelt, mit denen mehrere Werkstücke gleichzeitig in einlagiger Chargenanordnung gehärtet werden können [7].

Zur Erzielung besonders geringer Verzüge an rotationssymmetrischen Teilen sind Gaskühlformen ("Gasoform") geeignet. Diese Formen haben radial angeordnete Düsen, die das zu härtende Werkstück von innen und außen mit Gas hoher Geschwindigkeit beaufschlagen (Bild 6). Zur Vergleichmäßigung der Abschreckwirkung rotiert das Werkstück in der Form [8].

Eine derartige Rollenherdofenanlage mit Gasabschreckung (Gasoform) zum Härten von Wälzlagering aus 100Cr6 befindet sich seit zwei Jahren im industriell-

len Einsatz bei einem Wälzlagerhersteller (Bild 7). Die Maßänderungen bei diesen Ringen durch die Wärmebehandlung im Rollenherdofen mit Gasabschreckung sind so gering, dass hierbei erstmals von einer "Netshape"-Wärmebehandlung gesprochen werden kann.

Rollenherdöfen in Zahlen

Rollenherdöfen können grundsätzlich durch Aneinanderreihen von Modulen in der Länge beliebig variiert werden (Tabelle 1).

Als Schutz- und Prozessgase können alle bekannten Varianten eingesetzt werden. Selbstverständlich ist eine C-Potential-Regelung durch den Ipsen Carb-o-Prof möglich. Temperatur- und Geschwindigkeitssteuerung erfolgt zonen- oder auch modulweise.

Eine in die Fertigung integrierte Wärmebehandlungsanlage besteht aus Aufgabestation, Härte-(Rollenherd-)ofen, Gasabschreckeinrichtung, Nachkühlstation, Anlassofen, Kühlstation und Entnahmestation (Bild 8).

Die vollautomatische Steuerung dieser Gesamtanlage erfolgt über das bewährte ContiControl-System [9].

Schlussfolgerung

Um eine Wärmebehandlungsanlage in die Fertigungslinie zu integrieren, muss die Behandlungsdauer in den Bereich von Minuten abgekürzt werden.

Bei einlagiger Beschickung und allseitiger Strahlungserwärmung mit leichter Übertemperatur beim Anheizen beträgt die Erwärmungsdauer etwa 1 min/mm Wanddicke des Werkstückes.

Rollenherdöfen mit enger Rollenteilung zur Direktaufnahme der Werkstücke erfüllen diese Voraussetzungen am besten, da keine Chargiereinrichtungen (Transportkörbe) benötigt und mit Schnellgängen schroffe Temperaturübergänge möglich gemacht werden.

Die große Auswahl an Abschreckeinrichtungen gewährt ein sehr weites Einsatzgebiet.

Tabelle 1: Technische Daten von modular aufgebauten Rollenherdöfen

Table 1: Technical data of a modular roller-hearth furnace

Standardmodulzahlen	4, 6, 8 und 10
Modullänge	500 mm
Nutzbreite	400–1100 mm
Rollendurchmesser	10–25 mm
Rollenteilung	12,5 mm / 15,5 mm / 20 mm / 25 mm
Max. Arbeitstemperatur	1250 °C
Beheizung	Erdgas
Heizleistung pro Modul	ca. 50 kg/Stunde
Rollenwerkstoff	heizbeständiger Stahl oder Keramik
Temperaturgenauigkeit	≤ ± 3 °K

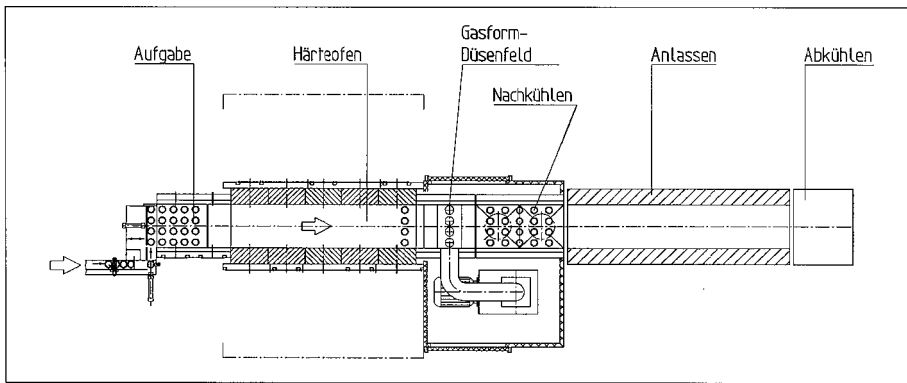


Bild 8: Aufstellungsplan eines Rollenherdofens mit Gasabschreckung und Anlassofen

Fig. 8: Set-up scheme of a roller-hearth furnace with gas quenching and tempering furnace

Durch Einsatz von keramischen Rollen können die Öfen bis 1250 °C Arbeitstemperatur betrieben werden.

Die modulare Aufteilung der Rollenantriebe reduziert Wartungs- und Stillstandzeiten auf ein Minimum und garantiert dadurch eine Verfügbarkeit von 95% oder mehr.

Literatur

- [1] Edler, K. H.; Knierem, A.; Müller-Ziller, J.: Integration of heat treatment into the production process. *Metallurgia* (1988) No.2, p. 88-89
- [2] Conybear, J. G.: Balancing Flexibility with Cost-effectiveness in High-volume Carburising. *Heat Treatment of Metals* (1988) No.1, p.15-18
- [3] Keylon, M.; Kirchner, W.: "Lights-out" facility illustrates a new standard for innovative heat treating technology. *Industrial Heating* (1999) No.11, p. 60-64
- [4] Edler, K. H.; Preiß, A.: Die Wärmebehandlung von Massenteilen in Kippschalenöfen. *Gaswärme International* 44 (1995) Nr. 3
- [5] Briem, K.: Wärmebehandlung von Massengutteilen mit hohen Qualitätsansprüchen in modernen Förderbandöfen. *Gaswärme International* 47 (1998) Nr. 9, 8.439-444
- [6] Wüning, J.: Die Wärmebehandlung in der Fertigungslinie mit einem neuartigen Rollenherdofen. *Härterei- Technische Mitteilungen* 45 (1990) Nr. 6, 8. 3-7
- [7] Edenhofer, B.; Bouwman, J. W.; Peter, W.; Bless, F.: Erfahrungen und Ergebnisse beim Gasabschrecken in einer kalten Kammer mit und ohne Düsenfeld. *Härterei- Technische Mitteilungen* 52 (1997) Nr. 3, 8.138-143
- [8] Wüning, J.: Einzelhärtung von Serienteilen in Gasdüsenformen. *Härterei - Technische Mitteilungen* 48 (1993) Nr. 3, 8.199-204
- [9] Gehring, K.: Die Automatisierung von kontinuierlichen Wärmebehandlungsanlagen mit ContiControl. *Ipsen Internationale Kundentagung 2000*, 4. Mai 2000, Düsseldorf