

Sonderdruck aus "Gas wärme international", Band 42 (1993), Heft 9, Seiten 379-384

Röllchenherd-Durchlaufofen für die rationelle und qualitätssichere Wärmebehandlung von Kleinteilen

Von G. Hubert und J. A. Wüning

G. Hubert und J. A. Wüning Röllchenherd-Durchlauföfen für die rationelle und qualitätssichere Wärmebehandlung von Kleinteilen

Zusammenfassung: Röllchenherd-Durchlauföfen traditioneller Bauform, das heißt mit in das Ofengehäuse integrierter Herdlagerung, sind für die heute an die Wärmebehandlung gestellten Ansprüche nicht mehr verwendbar. Die Gründe hierfür werden anhand praktischer Erfahrungen zusammengestellt. Hiervon ausgehend wurde ein vom Ofengehäuse getrennter Ofenherd mit getrennt angetriebenen und in kürzester Zeit ausbaubaren Herdteilen entwickelt. Die alte und neue Bauform werden verglichen. Die Vorteile des Röllchenherd-Durchlauföfens neuen Typs beschränken sich nicht nur auf den Herd und seine hohe Verfügbarkeit. Die Funktionstrennung zwischen Rollenherd und Ofenkörper führt in Verbindung mit modifizierter Ofenbegasung zu einer sehr preiswerten Problemlösung. Der Ersatz alter Anlagen unter Verwendung vorhandener Bauelemente aus den Bereichen Beheizung, Begasung und Betriebsführung ist möglich.

Roller-hearth continuous turnace with small diameter rollers tor efficient highquality heat treatment ot small objects

Summary: Conventional small diameter roller hearth furnaces with hearth bearings integrated into the furnace housing are not suitable for the demands of modern heat treatment. The reasons for this are given with illustrations from practical experience. Accordingly, a furnace hearth was constructed separate from the housing and with separately driven and quickly changed parts. Old and new constructions are compared. The advantages of the new type are not limited to the hearth and its high availability. The functional separation of roller hearth and furnace housing together with modified input of furnace gas make the system very cheap to use. Old furnaces can be replaced using the old heating, gas input and control elements.

Four a passage continu, a rouleaux de petit diametre, pour le traitement thermique rationnel et tiabile de pieces de petites dimensions

Résumé : Les fours conventionnels a passage continu, a rouleaux de petit diametre, avec support de sole integre au corps du four, ne sont plus adaptes aux exigences actuelles en matiere de traitements thermiques. Les raisons de cette inadaption sont exposees a l'aide d'exemples pratiques. Une sole independante du corps du four, avec entrainement individuel de ses elements rapidement demontables, a donc ete mise au point. Les deux types de four, ancien et nouveau, sont compares. Les avantages du four nouveau type ne se limitent pas uniquement a la sole et a sa plus grande disponibilite. La differenciation des fonctions de la sole et du bati du four constitue, en combinaison avec une admission de gaz modifiee, une solution des plus economiques. La transformation d'installations anciennes, avec reutilisation d'equipements existants dans les domaines chauffage, generation de l'atmosphere gazeuze et conduite de l'exploitation, est possible.

Dr.-Ing. Joachim A. Wüning, Geschäftsführer der WS Wärmeprozess Technik GmbH und Rollmod GmbH, Renningen;

Dr. -Ing. Georg Hubert, Nassheuer LOIndustriefenanlagen GmbH, Troisdorf.

Einleitung

Für die Wärmebehandlung von Kleinteilen mit Querschnittsabmessungen von wenigen Millimetern und entsprechend kurzer Wärmzeit werden verschiedene Ofentypen angewendet:

-Salzbadöfen mit Beschickung von Hand oder automatisch verlieren trotz der gleichmäßigen Erwärmung und der guten Schutzwirkung der Salzschnmelze gegen Entkohlung wegen der Entsorgung der Salzreste an Bedeutung.

-Mehrzweck-Kammeröfen oder sogenannte Härteautomaten sind weit verbreitet, haben jedoch den Nachteil, daß Schüttgut nur schwer gleichmäßig durchwärmt werden kann. Bei gerichteter Anordnung im Chargenkorb entstehen hohe Lohnkosten und Energieverluste. Ofenzyklen von wenigen Minuten sind nicht möglich.

-Drehretortenöfen kommen nur für Teile in Frage, die unempfindlich sind gegen Verzug oder mechanische Beschädigungen (Schlagmarken).

-Schubschalenöfen arbeiten mit relativ kleinen Chargen von Schüttgut in kurzer Taktfolge und Abschreckung im Fallschacht.

-Bandöfen mit einer Bandumlenkung im Ofen über dem Fallschacht können für sehr unterschiedliche Teile angewendet werden, eignen sich jedoch nicht ohne weiteres für die gerichtete Einzelabschreckung.

-Drehherdöfen werden in Verbindung mit einem Be- und Entladeroboter in Sonderfällen für das Härten von Kleinteilen eingesetzt.

-Schutzgasdichte Röllchenherdöfen sind für das automatische Einzelhärten von Wälzlagering und Federscheiben entwickelt worden. Die Teile laufen auf kleinen, einzeln angetriebenen Rollen ohne Unterlagen durch den Ofen. Mit einem Schnellgang werden sie taktweise durch den hinteren Ofenhals in die Härtevorrichtung transportiert. Die hohen Herstellkosten sowie der Wartungsaufwand für die Lagerung, den Antrieb und die Abdichtung der Rollen haben allerdings bisher einer allgemeinen Anwendung entgegengestanden.

Eine vergleichende Bewertung der aufgeführten Ofentypen in bezug auf die Prozesssicherheit, die Möglichkeiten zur Automatisierung und den spezifischen Energieverbrauch ergab für den Röllchenherdofen das größte Entwicklungspotential. Die nach diesen Überlegungen

geslarlele Entwicklung fhrle zu einem neuen System, ber das hier berichlel wird.

Das Rollmod11-System

Rollenherdöfen mit kleinem Rollendurchmesser D (elwa 10 bis 50 mm, deshalb "Röllchen") und enger Teilung (lypisch elwa $1,2 D$) bilden eine Art rollenden Tisch für den Transporl von Scheiben und Ringen, aber auch für beliebige Kleinleile als Schüllgul auf leichten Paellen oder in Körben aus Lochblech oder Drahlnelz. Da die Körbe wie auf einem Tisch liegen, kann ihre Wanddicke dünner als die der Teile gewähl werden, so daß deren Erwärmung und Kühlung nichl geslörll wird und die Energieverluste minimal bleiben.

Das größte Problem konventioneller Röllchenherdöfen, bei denen die Rollen einzeln ein- und ausgebaul werden, isl der Herstellungs- und Wartungsaufwand für die erforderliche Transportgenauigkeit insbesondere für Teile, die automalisch in Pressen gehärtet werden sollen. Schon eine relativ geringe Durchbiegung der Rollen bewirkl einen Vorlauf der in der Herdmilte aufgelegten Teile, so daß die Trennung durch den Schnellgang beeinträchliql wird. Außerdem können Rollen mil Schlag im Schnellgang so in Schwingung gerald, daß leichte Teile unkontrolliert hüpfen.

11 ROLLMOD -eingetragenes Warenzeichen
der Rollmod GmbH

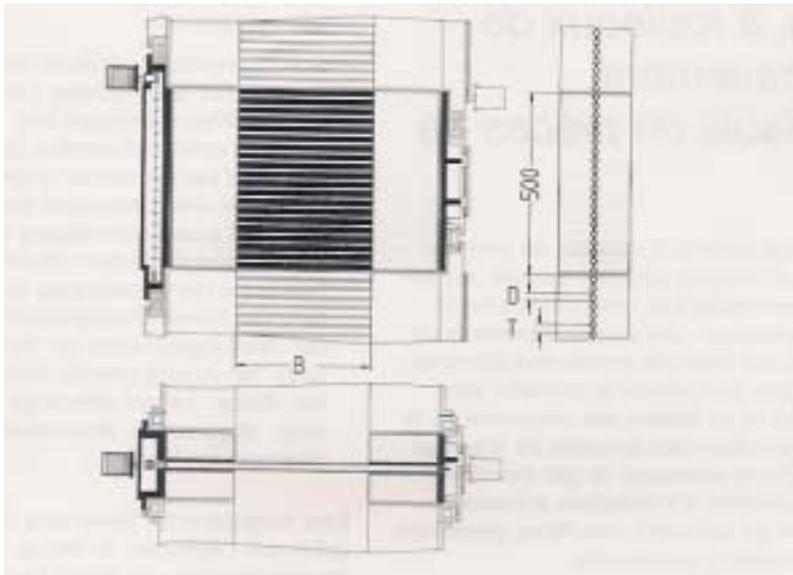


Bild 1: Rollenherdmodul, System Rollmod **Fig. 1:**
Roller-hearth module, Rollmod type
Fig. 1: Module d'un tour a passage continu, systeme Rollmod

Eine geringe Durchbiegung metallischer oder der Bruch keramischer Rollen kann bei dem großen Längen-DurchmesserVerhältnis nicht ganz vermieden werden. Deshalb war das wichtigste Ziel bei der Weiterentwicklung des Röllchenherdprinzips die Vereinfachung der Wartung, um die Transportgenauigkeit auf Dauer mil vertretbarem Aufwand sicherzustellen.

Eine Lösung stel ll das Rollmod-System dar [1], bei dem der Rollenherd modularig in Montage- und Wartungseinheiten von 500 mm Länge mil einer entsprechenden Anzahl von Rollen aufgeleill isl. Nach Bild 1 gehören zu einem Modul.

- die Herdrollen mil dem Durchmesser D und der Teilung T ,
- das schutzgasdichte Antriebsgehäuse mil dem Kettentrieb sowie dem Antriebsmotor,
- die Lagerplatte auf der Gegenseite und
- die Isolierpaßstücke, die die Rollen dicht umschließen und von Ankeren in dieser Position unter bzw. über den Rollen gehalten werden.

Zwischen dem Ober- und Unterofen befindet sich ein Rahmen aus Hohlprofilen, in den die Module abwechselnd von beiden Seiten eingeschoben und schutzgasdicht angeflanscht werden. Die Rahmenbreite ergibt sich aus der lichten Breite B und dem von der maximalen Ofentemperatur abhängigen Breile der Isolierpaßstücke. Für Temperaturen bis 950°C haben sich metallische Rollen aus

CrNi-Stahl mil einem Durchmesser $D = 21$ mm und einer Teilung $T = 25$ mm bei einer lichten Breite $B = 600$ mm bewährt. Jede Rolle kann mil maximal $0,5$ kg belastet werden. Bei höheren Temperaturen, so zum Beispiel beim Härten von Werkzeugen aus Schnellstahl oder beim Löten und Sintern, werden keramische Rollen eingesetzt Metallische Rollen dürfen wegen der Kriechfestigkeit nicht länger als 30 s stillstehen. Bei Störungen an der Härteeinrichtung wird der Rollgang automalisch reversiert. Bei Stromausfall sollte eine Notstromversorgung für die Antriebe zur Verfügung stehen.

Jedes Modul hal einen eigenen frequenzgesteuerten Antrieb mil einem Drehzahlbereich von $50 : 1$, ausreichend für den langsamen Ofengang und den Schnellgang. Damit ergeben sich zahlreiche Varianten für den Durchlauf der Teile vom kontinuierlichen Transporl bis zum Taktbetrieb mil Schleusen zur Verminderung des Schutzgasverbrauchs. Der Schnellgang am Ofenende beförderll die Teile mil 250 mm/s in die Härtevorrichtung, womit der Ofenhals in etwa einer Sekunde durchfahren wird, was auch bei dünnwandigen Teilen ausreicht Die Lichtschanke zur Steuerung des Schnellgangs erfaßt Scheiben von weniger als einem Millimeter Höhe. Typische Taktzeiten für den Härtebetrieb liegen bei 10 bis 20 s. Mit einer Vier-Stationen-Pressen wurde ein Durchsatz von über 1000 Teilen pro Stunde erreicht

Trotz der engen Rollenteilung kann der Ofen zusätzlich von unten beheizt werden, weil die sich drehenden Rollen die Wärme an die Teile übertragen. Damit wird eine gleichmäßigere und spannungsärmere Erwärmung erreicht als beispielsweise in einem Bandofen, bei dem zuerst das Band erwärmt werden muß. Bei einer lichten Ofenbreite $B = 600$ mm werden 10 bis 15 kW Heizleistung pro Modul (500 mm Ofenlänge) installiert, womil ungefähr 50 kg/h Stahl auf Härte-temperatur erwärmt werden können. Die Wandverluste für diesen Ofenabschnitt betragen nur etwa 2 kW. Daraus resultiert ein spezifischer Energieverbrauch für das Härten von Kleinteilen im Bereich von $0,25$ kW/kg, der von keinem anderen Ofentyp unterschritten wird. Für die Beheizung kann Gas- oder Elektroenergie verwendet werden. Bewährt haben sich in beiden Fällen querliegende Stahlrohre über und unter dem Rollenherd. Für eine Härteleistung von 50 bis 300 kg/h wird bei $B = 600$ mm eine Ofenlänge von 2 m (4 Module) bis 5 m (10 Module) benötigt

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 bei einlagiger Beschickung bestimmt. Je nachdem, ob mit oder ohne Übertemperatur gearbeitet wird, beträgt die Wärmezeit auf Härtetemperatur 1,0 bis 1,5 min je mm Wanddicke [2]. Für die kontrollierte Schnellerwärmung mit Übertemperatur wird zweckmäßig für jedes Modul eine Regelzone vorgesehen. In den Haltezonen liegen die Temperaturabweichungen innerhalb von 4 K.

Wenn eine Umwälzung der Ofenatmosphäre notwendig wird wie zum Beispiel beim Aufkohlen, Carbonitrieren und Nitrocarburieren sollte eine Strahlumwälzung vorgesehen werden, da für eine mechanische Umwälzung mit Leitmuffeln im Interesse der kompakten Ofenabmessungen wenig Platz bleibt.

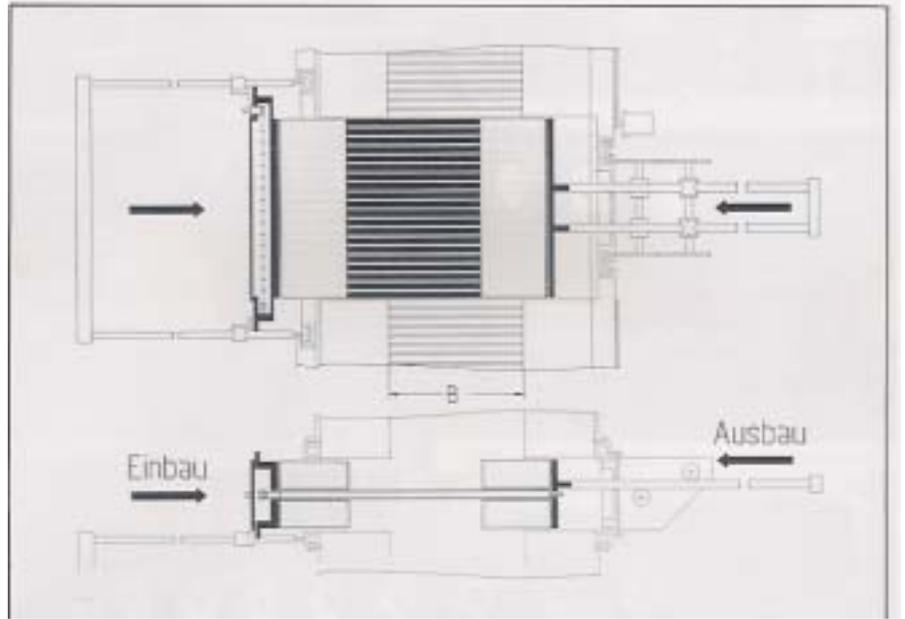


Bild 2: Vorrichtung für den Modulwechsel **Fig. 2:** Facility for exchanging modules **Fig. 2:** Monture pour echanger des modules

Austausch und Wartung der Module

Nach über zweijährigem Produktionseinsatz haben die Erfahrungen das Rollmod-System bestätigt. Die für das automatische Härten von Ringen mit etwa 70 mm Durchmesser in einer Vier-Stationen-Presse bei einer Taktzeit von 10 bis 15 s erforderliche Genauigkeit des Transports der Teile konnte ohne Schwierigkeiten aufrecht erhalten werden. Bei Bereitstellung eines Ersatzmoduls ergibt sich eine Maschinenverfügbarkeit, die von anderen Durchlauföfen nicht erreicht wird.

Für den Modulwechsel wurde eine besondere Vorrichtung entwickelt (Bild 2). Zunächst werden auf der Antriebsseite des Moduls zwei Längsführungen am Ofenrahmen befestigt und am Boden abgestützt. Die Kugelbüchsen werden am Antriebskasten verschraubt. Auf der Gegenseite wird ein Rollgestell montiert mit zwei Stangen, die in die Zapfen der Lagerplatte eingeführt werden. Nach

Lösen der Befestigungsschrauben kann dann das Modul infolge der Kugelführung ganz leicht ausgeschoben werden. Nach dem Austausch des Moduls verläuft der Einbau in umgekehrter Reihenfolge. Der Gesamtvorgang dauert weniger als eine halbe Stunde. Allerdings sollte der Ofen vorher bis auf etwa 500°C abgekühlt werden.

den Dagegen wurden die Isolierpaßstücke vorsorglich ausgetauscht, weil sie teilweise durch die Kohlunatmosphäre (C-Pegel " 0,8% C) im Temperaturübergang mit Ruß durchsetzt waren. An einem konventionellen Rollenherdofen ist die Isolierung im Bereich der Rollendurchführungen ein besonderes Problem, weil sie für einen Austausch praktisch nicht zugänglich ist.

Erfahrungen mit größeren Röllchenherd-Durchlauföfen

Bei der Vorstellung des von ihm entwickelten Rollmod-Systems sah Wünnig noch den interessanten Anwendungsbereich bei Öfen mit kurzer Baulänge und kleinem Durchsatz [2]. Die zunehmende Konzentrierung der Fertigung auf größere, rentablere Einheiten und der

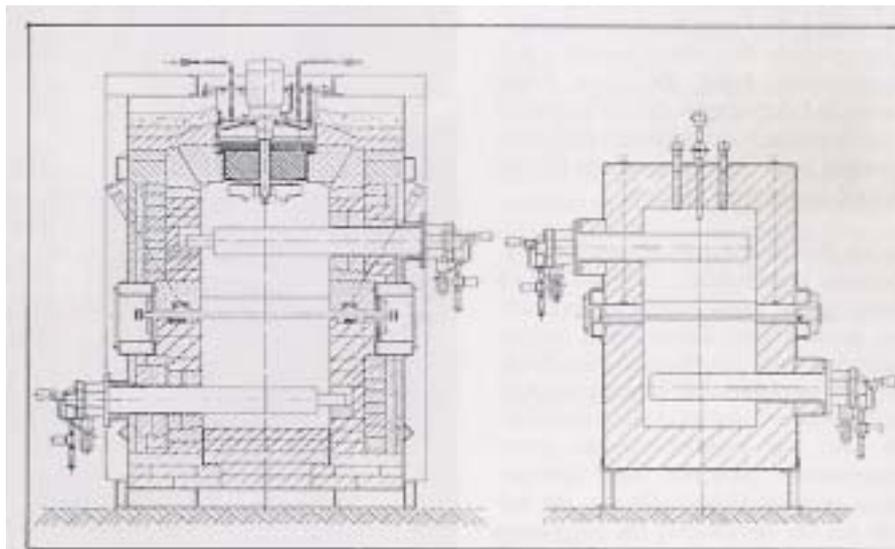
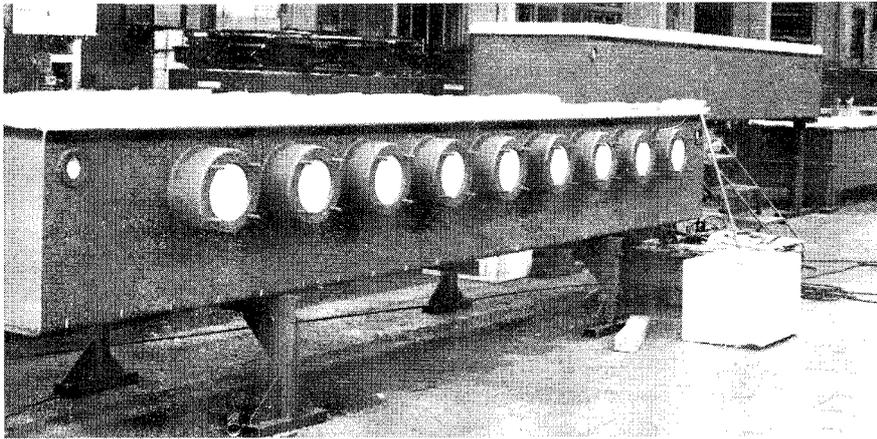
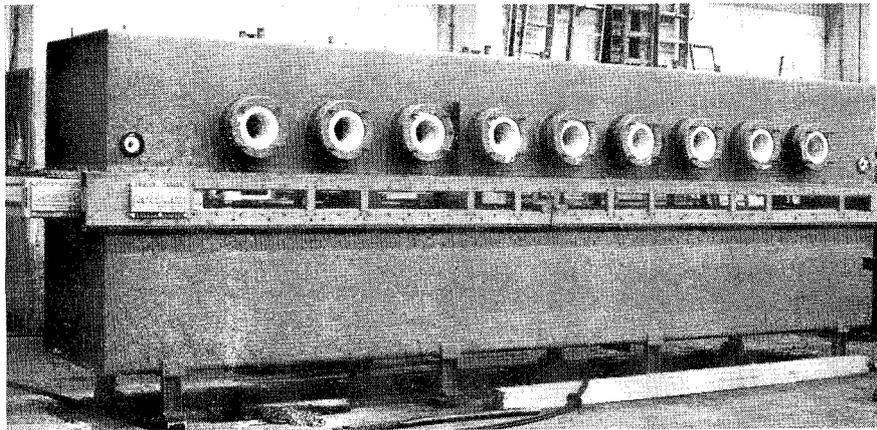


Bild 3: Röllchenherdofen in alter (links) und in neuer (rechts) Bauform **Fig. 3:** Roller hearth furnace with small diameter rollers of former (left) and new (right) type of construction **Fig. 3:** Four a passage continu, a rouleaux de petite diametre, en ancien (a gauche) et en nouveau (a droite) type de construction

Abgesehen von unvorhersehbaren störungen, beispielsweise einer extremen Verrußung durch Fehler in der C-Pegelregelung, werden die Module jährlich einer Inspektion und Wartung im Herstellerwerk unterzogen. An den trockenlaufenden Gleitlagern, der Antriebskette und den Kettenrädern wurde bisher kein Verschleiß festgestellt; die Rollen brauchten nicht nachgerichtet zu wer



a)



b)

Bild 4; Gehäusefertigung (a) und Röllchenherdofen mit getrenntem Ober- und Unterofen (b) Fig. 4; Casing manufacturing (a) and roller-hearth furnace with small diameter rollers and two part (bottom and top) casing (b)
 Fig. 4; Fabrication de la carcasse (a) et four a passage continu, a rouleaux de petite diametre, en construction bietagee (b)

Aufgrund der geschilderten Erfahrungen wurde daher gemeinsam vom AnlagenHersteller und Benutzer beschlossen, die Anlagenkonstruktion für zwei Anlagen auf das neue System umzustellen. Die betroffenen Öfen waren und sind für einen maximalen Durchsatz von 400 kg/h bei einem Takt der Härtepresse von 15 s mit vier gleichzeitig zu härtenden Teilen zwischen 55 und 130 mm Durchmesser vorgesehen. Bei der Umstellung wurde gleichzeitig die in [2] ausgesprochene Empfehlung berücksichtigt, die Gleichmäßigkeit der Ofenatmosphäre durch das Begasungssystem selbst sicherzustellen, statt mit aufwendigen und der Wartung bedürftigen Umwälzsystemen zu arbeiten.

Bild 3 zeigt die Gegenüberstellung des Ofenquerschnitts von RöllchenherdDurchlauföfen in alter und in neuer Bauform. Unabhängig von der mit der Umstellung bezweckten Funktionsverbesserung läßt der in Bild 3 angestellte Vergleich auch erkennen, daß die Umstellung auch eine beträchtliche Senkung der Investitionen ermöglicht: Die Fertigung des Ofengehäuses wird drastisch vereinfacht, und die für die einwandfreie Herdfunktion erforderliche Fertigungsgenauigkeit wird auf die fertigungstechnisch wesentlich einfacher zu handhabenden Bauteile Herdrahmen und Herdmodul konzentriert (Bild 4).

Nicht unerwähnt bleiben darf in diesem Zusammenhang, daß die konstruktive Entkoppelung des Herdrahmens vom

für die Qualitätssicherung unumgängliche Übergang auf die wärmebehandlung des Einzelteils warfen zwangsläufig und erneut die Frage nach den Anwendungsgrenzen des neuen Systems auf. Unmittelbarer Anlaß für diese Frage waren die Erfahrungen, die mit mehreren in traditioneller Form gebauten Röllchenherdöfen beim Übergang auf die Einzelhärtung gesammelt wurden.

Die mit Röllchenherd-Durchlauföfen traditioneller Konstruktion, daß heißt mit im Ofengehäuse integrierten Herdlagerungen, gesammelten Erfahrungen zeigten unabhängig von der Herkunft des Ofens, daß die erforderliche Lagegenauigkeit der Teile beim Durchlauf nicht einzuhalten war. Die systembedingten Interdependenzen zwischen dem Ofengehäuse und der Rollenlagerung, die sowohl bei der Herstellung als auch beim Betrieb auftraten, verhinderten einen ausreichend ruhigen Rollenlauf im Herd. Außerdem waren weder die für eine rationelle Fertigung erforderlichen 1+ RKosten noch die Verfügbarkeit der Anlage einzuhalten.

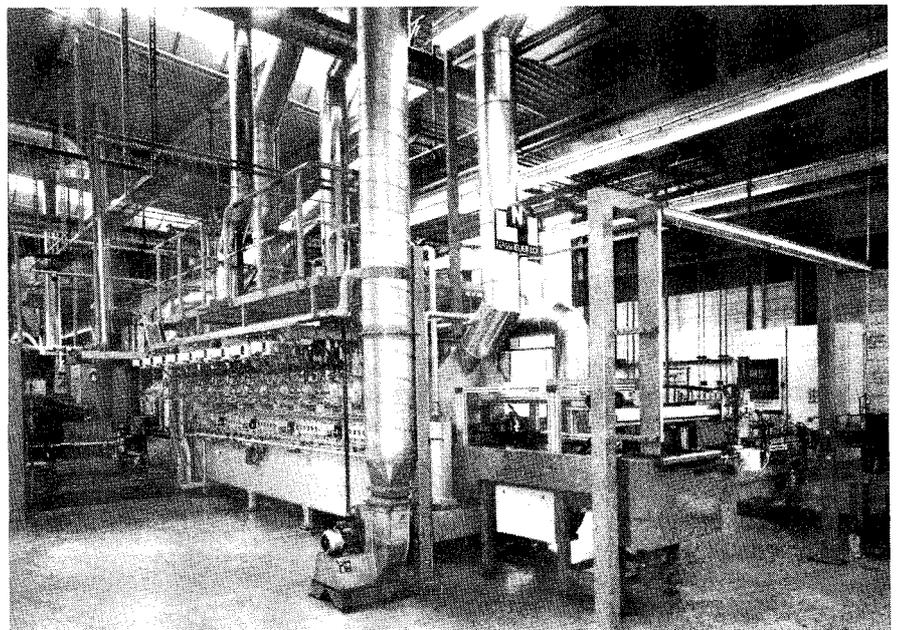


Bild 5; Einlaufseite des Röllchenherdofens mit Beschickungseinrichtung
 Fig. 5; Entry section with charging device of the roller-hearth furnace with small diameter rollers
 Fig. 5; C6te entree du four a passage continu, a rouleaux de petite diametre, avec dispositif de chargement

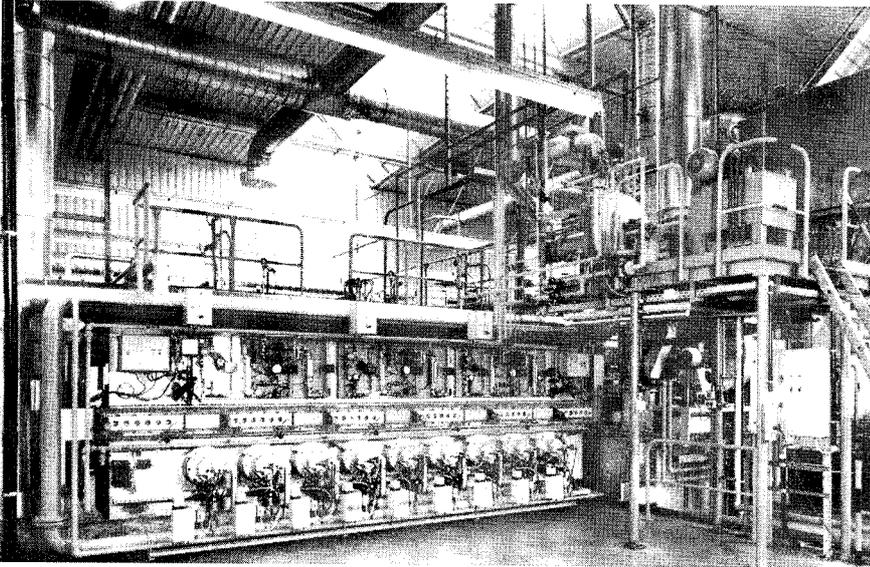


Bild 6: Auslaufseite des Ofens mit Härteeinrichtung Fig. 6: Exit section of the furnace with hardening unit Fig. 6: Côté sortie du four avec installation de trempe

Ofengehäuse als Vorteil auch für die Entkoppelung von unvermeidbaren Thermospannungen des Ofengehäuses von der Herdlagerung zur Folge hat. Diese Erwartung wurde bei der Inbetriebnahme der beiden Öfen voll bestätigt.

Die Bilder 5 und 6 zeigen die betriebsbereite Anlage mit einer Herdlänge von 6 m zwischen dem Anschluß der automatischen Beschickung und der Entnahme durch die Härtepresse. Sie lassen in Verbindung mit den inzwischen gesammel

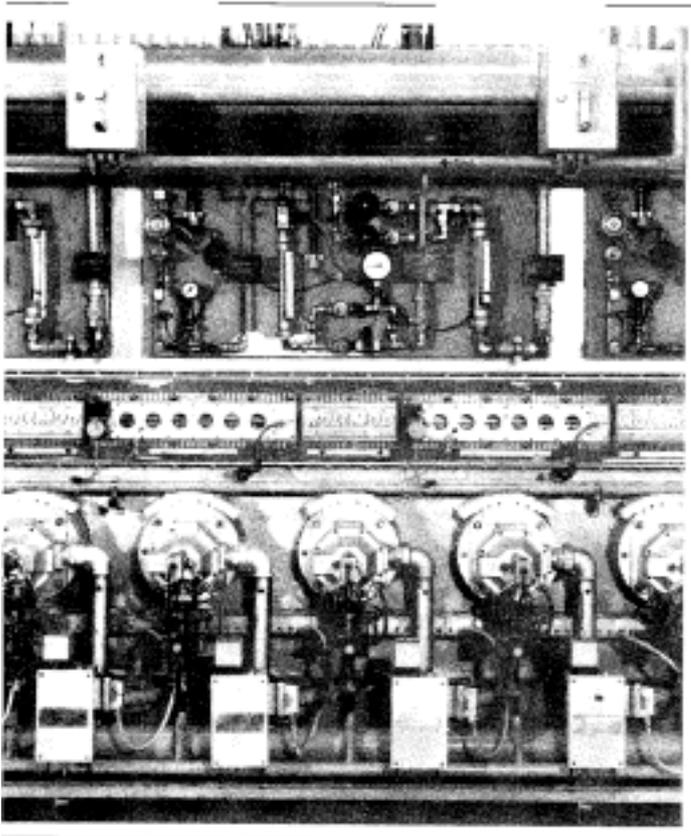


Bild 7: Blick auf Antriebssystem, Begasung und Beheizung des Ofens
Fig. 7: View of drive system, atmosphere gas feeding and heating system of the furnace
Fig. 7: Vue sur le mécanisme d'entraînement et sur l'ensemble d'alimentation en gaz et de chauffage du four

ten Betriebserfahrungen deutlich erkennen, daß die Anwendung des neuen Konstruktionsprinzips nicht auf kurze Öfen beschränkt werden muß. Einen wesentlichen Anteil an dieser positiven Feststellung hat der vom Systemhersteller gemeinsam mit dem Hersteller der Ofenanlagen forcierte Übergang vom frequenzgeregelten Asynchronantrieb auf den Synchronantrieb. Die damit bei der genannten Herdlänge erreichte Lagengenauigkeit der Teile am Herdende bleibt im Bereich von 1 mm. Der weiteren Vergrößerung der Herdlänge steht damit nichts mehr im Wege.

Mit der Konzentration des Herdantriebs auf jeweils nur einen Herdabschnitt wurde vorrangig das Ziel verfolgt, einen gestörten Herdabschnitt schnell wechseln zu können. Gleichzeitig wurde damit auch erreicht, daß die Antriebsleistung auf den tatsächlichen Bedarf dieses Herdabschnittes beschränkt werden konnte und so Durchlaufstörungen nicht nur früher erkannt, sondern auch durch eine entsprechende Überwachung besser lokalisiert werden können. Dies wurde bereits bei der Inbetriebnahme als Vorteil erkannt" Die hierbei unvermeidbaren Störungen waren in kürzester Zeit zu beheben.

In Bild 7 ist deutlich die geringe Größe der rechts neben dem Firmenlogo angeordneten Antriebsmotoren für die einzelnen Module zu erkennen. In Verbindung mit der Gegenüberstellung der Konstruktionen in Bild 3 soll dieses Bild aber auch die Überlegung anregen, bestehende alte Röllchenherd-Durchlauföfen durch neue zu ersetzen. Die ohnehin geringen Investitionen lassen sich -wie hier gezeigt durch Verwendung vorhandener Brenner und Begasungssysteme mit ihren Regelungen und Steuerungen weiter senken. Die Rentabilität einer solchen Investition wird sehr schnell durch entfallende I + R-Kosten und erheblich höhere Verfügbarkeit erreicht. Diese Aussage beschränkt sich nicht nur auf Röllchenherd-Durchlauföfen; sie kann ebenso für andere, in der Einleitung genannte Ofentypen zutreffen. Auch die in den Bildern gezeigte Ausführung mit Gas-Strahlheizrohren ist nicht als Einschränkung zu verstehen; die Elektroheizung kann ebenso angewendet werden.

Schrifttum

- [1] Deutsches Patent 3816503 und Auslandspatente Wüning, J.A.. Die Wärmebehandlung in der Fertigungslinie mit einem neuartigen Rollenherdofen. Härtereitechn. Mit t. 45 (1990) Nr. 6
- [2]