

FK INDUSTRIEOFENBAU +
SCHUTZGASTECHNIK GMBH

Neuer Schmiedeofen zur zunderfreien Erwärmung von Schmiedeteilen

Sonderdruck aus:
GAS WÄRME INTERNATIONAL
Band 24, Nr. 10, Seiten 403-406

Neuer Schmiedeofen zur zunderfreien Erwärmung von Schmiedeteilen

New furnace for the scale-free heating of forgings

Nouveau four de forge pour un réchauffage exempt d'oxydation

Von T. F. Kohlmeier¹⁾

Einleitung

Die Anforderungen, die heute von einer modernen Schmiede an den Industrieofenbau gestellt werden, sind Erzielung einer hohen Wärmeleistung bei möglichst geringen Beheizungskosten, eine gleichmäßige Temperatur der Schmiedestücke, zunderfreies Erwärmen und wenig Bedienungspersonal.

Im Verlauf erster Rationalisierungsmaßnahmen wurden viele Kammer- und Doppelkammerofen gegen kontinuierlich arbeitende Wärmeofen ausgetauscht. Danach wurden die einfachen Stoofen durch teil- oder vollautomatische Drehherd- und Drehtellerofen sowie Rillenherd-Durchstoofen ersetzt. Beschickungs- und Entnahmemaschinen ermöglichten immer kürzere Taktzeiten und erleichterten die Arbeit. Mit Hilfe induktiver W rmeinrichtungen, die neuerdings auch mit Schutzgasatmosphäre komplettiert werden können, werden günstige Ergebnisse bezüglich der Oberflächengüte erreicht.

In den letzten Jahren wurden auch elektrisch beheizte Schmiedeofen mit speziellen Hochtemperatur-Heizelementen entwickelt. Die hauptsächlich mit Drehherd oder Drehteller ausgeführten Ofen werden auch mit Schutzgasatmosphäre betrieben.

Wegen der hohen Investitionen und Betriebskosten dieser W rmanlagen mit Schutzgasausrustung erfolgte der Einsatz bisher nur in geringem Umfang.

Einen vollautomatischen Wärmeofen zur zunderfreien Behandlung, der die Vorteile der verschiedenen bisher bekannten Ofenarten vereint, stellt der völlig neu entwickelte Hubbalkenofen mit offener Feuerung dar. Mit dieser modernen Konstruktion ist es gelungen, die äußerst problemreichen Forderungen bei guter Wirtschaftlichkeit ohne hohe Aufwendungen zu erfüllen. Die wesentlichen Vorteile sind:

- zunderfreie Oberfläche des W rmgutes,
- Variabilität der verarbeitbaren Materialformen, wie Knupel, Blech, Rundabschnitte, und
- Materiallangen von 200 bis 2000 mm,
- vollautomatische Beschickung und Entnahme,
- einfaches Leerfahren des Ofens bei Schichtende oder vor Pausen,
- kein Abrieb der Herdfläche durch den Materialtransport im Ofen,
- offene Beheizung durch Gas oder Öl mit Startautomatik vor Schichtbeginn,
- Erzeugung einer Schutzgasatmosphäre durch die Beheizungseinrichtung.

Zur zunderfreien Erwärmung

Für die Warmverformung muß das Material bis zu einer Temperatur von 1100 bis 1300  C erwärmt werden. Bei der herkömmlichen offenen Flammenbeheizung und auch bei der elektrischen Erwärmung ohne Schutzgasabdeckung kommt es zur Bildung von Oxiden. Es ist nicht ungewöhnlich, daß der Materialverlust durch Abbrand bei der Flammenbeheizung bis zu 3% beträgt. Diese Zunderbildung stellt somit einen bedeutenden Kostenfaktor in der Feststellung der Herstellungskosten dar.

Ein weiterer wesentlicher Kostenfaktor bei der Warmverformung wird durch die Standzeit der kostspieligen Werkzeuge

bestimmt. Es wird oft nicht beachtet, daß eine einwandfreie Oberflächenbeschaffenheit des W rmgutes von ausschlaggebender Bedeutung für die Standzeit der Werkzeuge ist. Die Zunderschichten bilden sich an den Flächen der Werkstücke ungleichmäßig, und es treten sehr harte Zunderplattchen auf. Immer wird der Zunder zu einem vorzeitigen Verschleiß der Werkzeuge führen.

Die Qualität der Fertigprodukte wird durch Zunderbildung verringert. Zunderpartikel können sich leicht bei der Warmverformung in das Werkstück eindrücken. Derartige Oberflächenfehler lassen sich oft selbst durch aufwendige Nachbearbeitung der Werkstücke nicht mehr entfernen. Einfacher ist das Entzundern der Schmiedeteile nach der Erwärmung im Ofen, jedoch vor der Warmverformung. Dabei wird nicht sämtlicher Zunder entfernt, weil die Transportzeit zwischen Ofenanlage und Schmiede oder Presse knapp bemessen ist. Alle Maßnahmen zur Zunderentfernung verursachen Kosten, die den Fertigungspreis verteuern. Strahlen und Abschlagen von Werkstücken müssen in die Kostenkalkulation einbezogen werden.

Mit den Nachteilen durch Zunderbildung muß man sich nicht mehr abfinden. Die zunderfreie Erwärmung mit offener Flammenbeheizung ergibt optimale Wirtschaftlichkeit.

Reaktionsbetrachtung

Um unerwünschte Oxidbildung zu vermeiden, muß man die Werkstücke in einer Ofenatmosphäre erwärmen, die reduzierend oder neutral gegenüber den Werkstücken ist. Der Luft-sauerstoff muß aus dem Ofenraum ferngehalten werden. Da auch Wasserdampf (H₂O) und Kohlendioxid (CO₂) eine Oxydation der Werkstücke bewirken können, müssen die Verbrennungsgase ein bestimmtes H₂O/H₂- und CO₂/CO-Verhältnis aufweisen. Bild 1 zeigt die Gleichgewichte von Eisen-Eisenoxid im CO₂/CO- und H₂O/H₂-Gemisch in Abhängigkeit von der Temperatur.

Die Beurteilung einer Ofenatmosphäre darf nicht nur nach einem einzigen Verhältnis H₂O/H₂ oder CO₂/CO beurteilt werden, sondern immer nach beiden zusammen. Es kann bei-

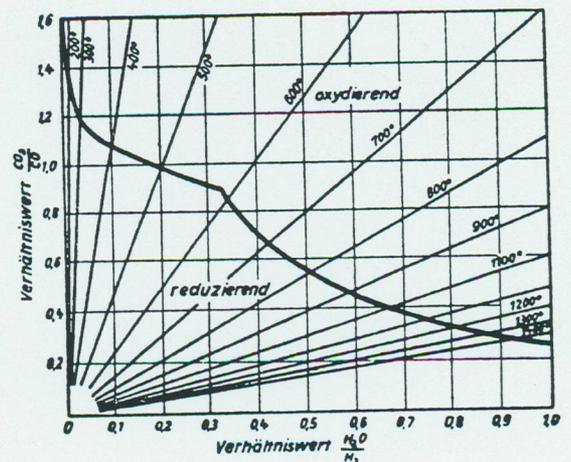


Bild 1: Gleichgewichte für die Eisen-Eisenoxid-Reaktion im H₂O/H₂- und CO₂/CO-Gemisch

Fig. 1: Equilibrium for the iron/iron oxide reaction in a mixture of H₂O/H₂ and CO₂/CO

Fig. 1: Equilibres pour la réaction fer - oxyde de fer dans un mélange H₂O/H₂ et CO₂/CO

¹⁾ T. F. Kohlmeier, Geschäftsführer der FK-Schutzgastechnik GmbH, Hagen.

Gleichgewichtstemperatur 1100°C
 CH₄ Bildung nicht berücksichtigt

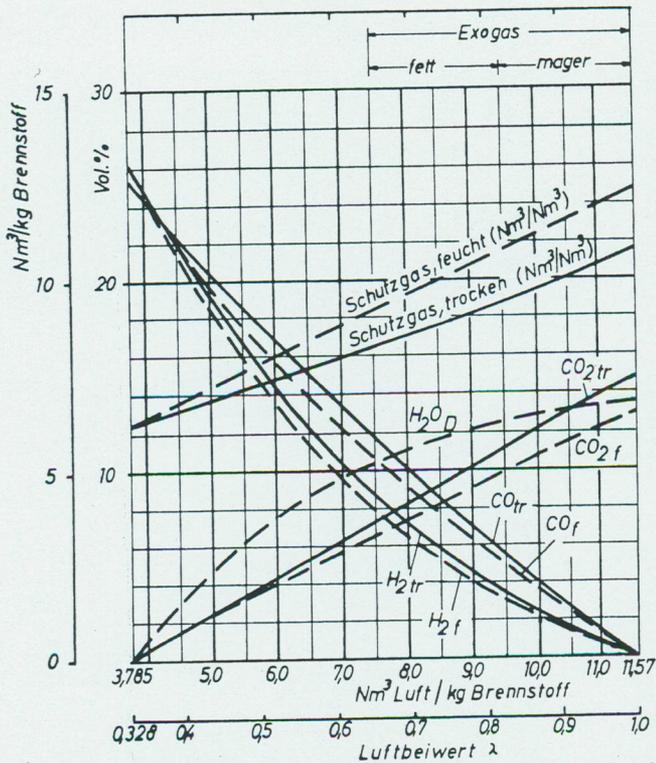


Bild 2: Verbrennungsschaubild für flüssigen Brennstoff (schwefelfrei) mit 85 Gew.-% C, 15 Gew.-% H

Fig. 2: Combustion diagram for liquid fuel (sulphur-free) containing 85% b.w. of C, 15% b.w. of H

Fig. 2: Diagramme de la combustion pour combustible liquide (exempt de soufre) avec 85% pondéral de C et 15% pondéral de H

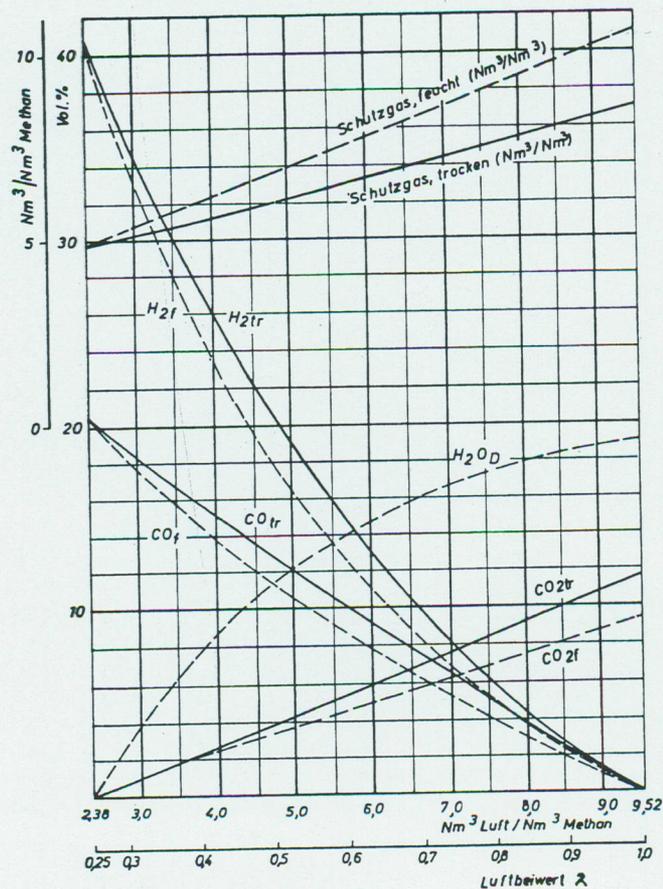


Bild 3: Verbrennungsschaubild für Methan

Fig. 3: Combustion diagram for methane

Fig. 3: Diagramme de combustion pour méthane

spielsweise die oxydierende Wirkung des H₂O/H₂-Verhältnisses auf Stahl durch die stärker reduzierende Wirkung des CO₂/CO-Verhältnisses überdeckt werden, so daß Stahl in einem solchen Gemisch nicht oxydiert.

Bei der zunderfreien Erwärmung ist eine unterstöchiometrische Verbrennung von Heizgas oder Leichtöl erforderlich. Die Zusammensetzungen der unbehandelten Verbrennungsabgase zeigen die Bilder 2 und 3. Besonders zu beachten ist hierbei, daß sich die Zusammensetzung der Abgase im Ofenraum, entsprechend den homogenen und heterogenen Gleichgewichten, mit der Temperatur ändert. Die Ofenatmosphäre verändert also ihre Zusammensetzung mit den unterschiedlichen Temperaturen in einem Durchlaufofen.

Unter dem Einfluß von Temperaturveränderungen erfolgt eine erhebliche Umsetzung der Gase untereinander. Die an der Umsetzung beteiligten Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bleiben jedoch gleich, und nur der Anteil der einzelnen Gase verschiebt sich.

Aus den Reaktionsbetrachtungen ergibt sich, daß auch mit feuchten unbehandelten Abgasen eine oxidfreie Erwärmung erzielt werden kann, wenn die Verbrennung mit einer Luftmenge erfolgt, die dem C/H-Verhältnis angepaßt ist. Es ist also nicht erforderlich, das Schutzgas in einem Exogasgenerator zu erzeugen, wobei die Verbrennungsabgase zur Trocknung abgekühlt werden. Statt dessen kann die Schutzgasatmosphäre direkt von der Beheizung gebildet werden. Damit entfällt die bisher notwendige Wiedererwärmung der Schutzgase im Ofen.

Bei Beheizung mit einem Luftfaktor von 0,5 ergeben die Verbrennungsabgase eine Ofenatmosphäre, die gemäß der Gleichgewichtskurve für Eisen-Eisenoxide neutral wirkt. Reduzierend sind die Abgase im oberen Temperaturbereich, während im unteren Bereich die Atmosphäre theoretisch schwach oxydierend wirkt.

Nach Jenkins wirkt freier Sauerstoff aus der Luft über 180°C oxydierend auf Stahl. Für in Wasserdampf gebundenen Sauerstoff beträgt die entsprechende Oxydationsgrenztemperatur von Stahl 300°C. Die Reaktionsgeschwindigkeit Gaseisen ist bei niedriger Temperatur sehr gering, so daß eine Oxydation praktisch nicht mehr vorkommt. Die Praxis hat gezeigt, daß die Oxydationsgeschwindigkeit bei einer Temperatur unter 650°C derartig gehemmt ist, daß bei der schnellen Erwärmung die Oxidbildung vernachlässigt werden kann. Offensichtlich findet keine Gleichgewichtseinstellung der Gase untereinander statt, wenn die heißen Abgase die kalten Werkstücke an der Einlaufseite umspülen. Falls die Zusammensetzung der Ofenatmosphäre theoretisch oxydierend ist, sich jedoch nahe an der Grenze der Gleichgewichtskurve befindet, ist noch eine zunderfreie Erwärmung möglich. Die Eisen-Eisenoxid-Grenze ist in der Praxis bei der Schnellerwärmung günstiger als theoretisch angenommen. Hieraus resultiert, daß der Wärmofen in der Vorwärmzone mit luftsatter Verbrennung betrieben werden kann und nur die Halte- oder Ausgleichszone stark reduzierend eingestellt werden muß. Die reduzierenden Abgase der Haltezone strömen außerdem in Richtung Vorwärmzone und beeinflussen hier günstig die Ofenatmosphäre.

Beschreibung des Hubbalkenofens

Die Ofenanlage besteht aus einer Beschickungsvorrichtung mit Materialspeicher, dem Wärmofen mit Hubbalkentransportsystem und Deckenbeheizungs-ausrüstung mittels Strahlungsbrenner, einer Entnahmemaschine und der Schaltanlage. Bild 4 und Bild 5 zeigen einen Längs- bzw. Querschnitt durch den Hubbalkenofen.

Der Herd des Ofens ist in zwei bewegliche Hubbalken sowie in zwei seitliche Festherde und einen mittleren Festherd eingeteilt. Die Hubbalken sind bei nur 100 mm Breite aus keramischen Massen gefertigt. Damit die Balken genau gerade bleiben, sind die Grundrahmen wassergekühlt.

Zum Transport der Teile durch den Ofen bewegen sich die Hubbalken im Rechteck. Bei der Aufwärtsbewegung wird das

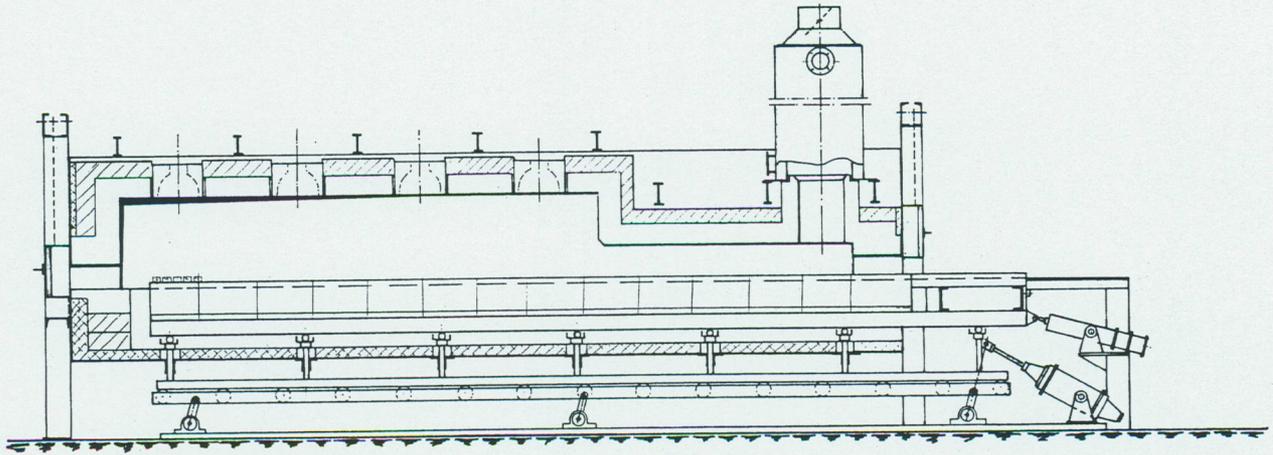


Bild 4: Schnittbild eines Hubbalken-Wärmofens

Fig. 4: Elevation of a walking-beam furnace

Fig. 4: Coupe d'un four de réchauffage à longerons mobiles

Wärmgut von den Festherden vertikal abgehoben, in oberer Stellung horizontal vorgefahren, danach fahren die Balken vertikal herunter und legen dabei das Wärmgut wieder ab. In unterer Stellung bewegen sich die Balken unterhalb der Werkstücke zurück in die Ausgangsstellung. Die Pausenzeit in der Ausgangsstellung kann über eine Zeitschaltuhr stufenlos eingestellt werden, so daß unterschiedliche Materialdurchlaufzeiten möglich sind. Auch die horizontale Bewegung der Balken ist in der Schrittlänge verschieden einstellbar. Eine weitere Besonderheit sind die Antriebe der Hubbalken. Statt hydraulischer oder pneumatischer Systeme wurden Elektroverstellzylinder installiert. Der Transport läuft stoßfrei und äußerst exakt ab. Balken und Herdflächen sind in der Querichtung mit kleinen Rillen versehen, damit auch Rundmaterial durchgesetzt werden kann.

Mit den Hubbalken lassen sich viele Materialformen wie Knüppel, Bleche, Rundabschnitte fördern. Für den Durchsatz kurzer Werkstücke sind die Balken mit nur 100 mm Breite extrem schmal ausgeführt. Lange Teile werden über beide Hubbalken gelegt und nur einreihig gefahren.

Da kein Wärmgut über die Herdfläche gestoßen wird, konnte ein Abrieb durch mechanische Beanspruchung nicht festgestellt werden. Mit dem Hubbalkensystem ist ein leichtes Leerfahren des Ofens und zudem eine Automatisierung zum Besicken und Entnehmen möglich.

Die Beheizung des Ofens erfolgt ausschließlich von der Decke, und zwar mittels Strahlungsbrennern. Im Bereich der hohen Temperaturen für die Warmverformung erfolgt der Wärmeübergang hauptsächlich durch Strahlung. Wesentlichen Anteil an der Strahlung zwischen Wärmgut und Verbrennungsgasen haben der Kohlendioxid- und der Wasserdampfanteil. Bei reduzierender Verbrennung sind diese Gasanteile kleiner als bei luftsatter Verbrennung. Die reduzierende Fahrweise ergab jedoch große und leuchtende Flammen.

Da die Brenner gleichzeitig heizen und eine Schutzgasatmosphäre herstellen, sollen kommt dieser Ausrüstung besondere Bedeutung zu. Jedem Brenner sind Brennstoff- und Verbrennungsluftmengenmesser zugeordnet. Einstellung und Kontrolle des Brennstoff-Luft-Gemisches werden dadurch leichter. Wichtig ist die genaue Einhaltung des erforderlichen Luftfaktors über den gesamten Regelbereich. Die ursprünglich eingesetzten Pyronics-Brenner haben sich bezüglich Flammenbild, Regelgenauigkeit und vor allem Haltbarkeit der Brennerblöcke nicht bewährt. Deshalb wurde ein neuer Brenner entwickelt, bei dem die Leistung nicht mehr durch ein Motorventil in der Rohrleitung geregelt wird. Jetzt verstell ein Motor direkt in der Brennerdüse den Luftaustrittsquerschnitt. Dadurch arbeitet der Brenner immer mit einer hohen Austrittsgeschwindigkeit, auch in Kleinstellung. Die Regelung erfolgt stetig über elektronische Regler. Der Luftfaktor bleibt während der Lei-

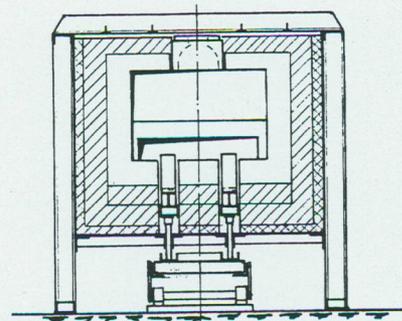


Bild 5: Querschnitt zu Bild 4

Fig. 5: Cross-section through a walking-beam furnace

Fig. 5: Section du four de la fig. 4

stungsregelung konstant, weil die Luftdüse im Brenner mit dem Brennstoffregelventil über ein Gestänge verbunden ist. Jeder Brenner ist mit elektrischer Zündung und vollautomatischer Flammenüberwachung ausgerüstet. Eine Zeitschaltuhr mit Tages- und Wochenprogramm startet den Ofen jeweils vor Schichtbeginn.

Zur Erzielung optimaler Wirtschaftlichkeit wird das Abgas des Ofens durch einen Strahlungsrekuperator geleitet, der die Verbrennungsluft vorwärmt. Die Luftvorwärmung auf etwa 400°C bewirkt auch eine höhere Verbrennungstemperatur. Im Ausgangsstutzen des Rekuperators ist eine Ofendruckregelklappe eingebaut.

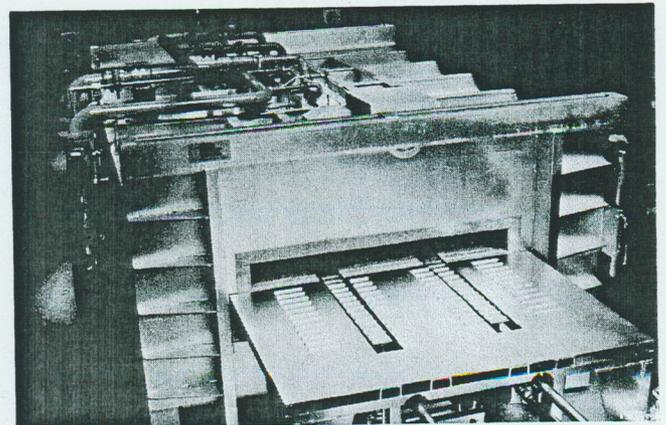


Bild 6: Hubbalken-Wärmofen von der Beschickungsseite gesehen

Fig. 6: Walking-beam furnace seen from the charging end

Fig. 6: Four de réchauffage à longerons mobiles vu côté enfournement

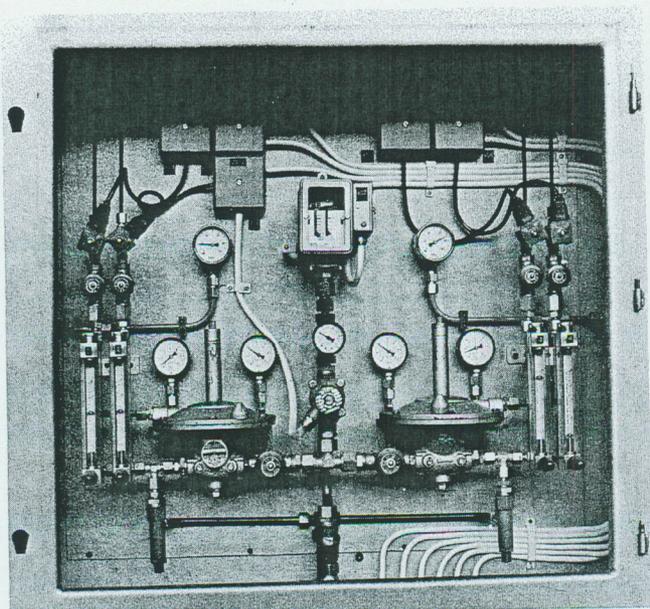


Bild 7: Schrank mit Brennstoffregelanlage

Fig. 7: Control cabinet with fuel control system

Fig. 7: Armoire avec installation de régulation du combustible

Besonderen Wert wurde bei der Konstruktion auf die Dichtigkeit der Ofenanlage gelegt, um so das Eindringen von Falschlucht zu verhindern. Der Ofenraumdruck ist so eingestellt, daß sich an den Türen Abgase herausdrücken, die direkt abgefackelt werden.

Der wärmetechnische Gesamtwirkungsgrad des Wärmofens liegt über 50%, und auch die spezifische Herdflächenleistung ist günstiger als bei herkömmlichen Schmiedeöfen.

Zur besseren Veranschaulichung der Ofenanlage sollen die Bilder 6 bis 9 dienen.

Bildnachweis:

Bilder 6 bis 9: FK-Schutzgastechnik GmbH, Hagen.

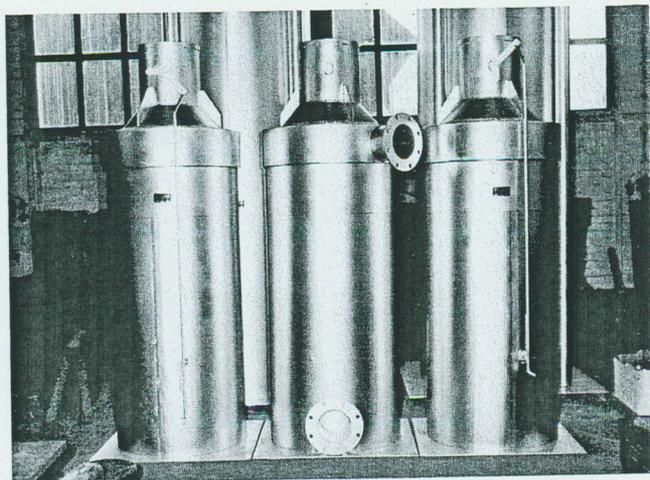


Bild 8: Strahlungsrekuperator zum Vorwärmen der Verbrennungsluft

Fig. 8: Radiant recuperator for preheating the combustion air

Fig. 8: Récupérateur à radiation pour le préchauffage de l'air comburant

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wird ein neuentwickelter Hubbalkenofen für die zunderfreie Erwärmung von Schmiedeteilen beschrieben. Mit der Beheizungseinrichtung wird im Ofen eine Schutzgasatmosphäre erzeugt. Eine Reaktionsbetrachtung zeigt, daß auch bestimmte, unbehandelte, feuchte Verbrennungsgase als Ofenatmosphäre eine Oxidbildung beim Erwärmen verhindern können. Anhand der in diesem Bericht vorgestellten Ofenanlage wurde nachgewiesen, daß eine vollautomatische, zunderfreie Erwärmung bei günstiger Wirtschaftlichkeit gelungen ist.

Summary

The author describes a newly developed walking-beam furnace designed for the scale-free heating of forgings. Using the furnace-firing equipment, a controlled atmosphere is produced in the furnace. An analysis of the reaction shows that certain combustion products if used as furnace atmosphere in untreated and moist condition can prevent the formation of oxides during the heating of the stock. Citing this furnace as an example, the author shows that forgings can be heated fully automatically and without any formation of scale while costs remain at a favourable level.

Résumé

L'auteur décrit, dans le présent exposé, un four à longerons mobiles nouvellement mis au point pour le réchauffage exempt d'oxydation de pièces à forger. Le dispositif de chauffage permet de produire dans le four une atmosphère contrôlée. Un examen de la réaction montre que certains gaz combustibles humides et non traités servant d'atmosphère dans le four peuvent empêcher la formation d'oxyde pendant le réchauffage. Le four présenté dans cette étude démontre qu'il est possible de réaliser un réchauffage entièrement automatique exempt d'oxydation et en même temps économique.

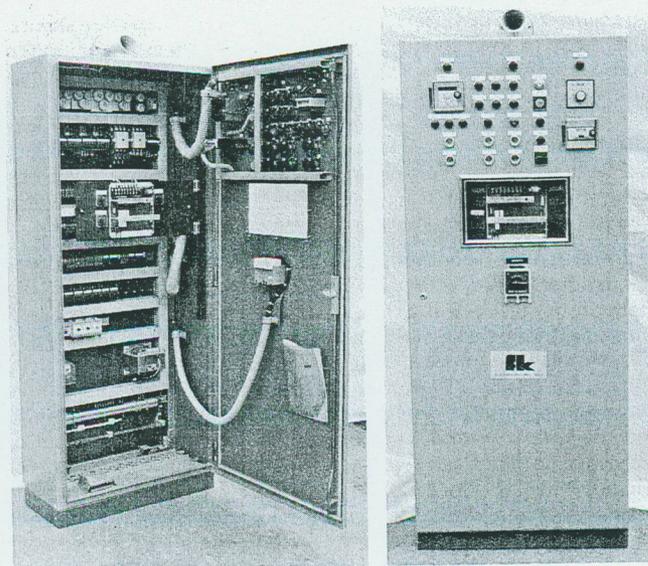


Bild 9: Schaltschrank für Hubbalken-Wärmofen

Fig. 9: Switchgear cubicle for the walking-beam furnace

Fig. 9: Armoire de distribution pour four de réchauffage à longerons mobiles