

tenova
LOI THERMPROCESS

KONTINUIERLICHE UND SATZWEISE BETRIEBENE WÄRMEBEHANDLUNGSANLAGEN FÜR DIE DRAHTINDUSTRIE

Christian Hautkappe, Dr. Peter Wendt, Erik König,
Friedrich Gerwin, Tenova LOI Thermprocess
Marcello Tomolillo, Tenova Italimpianti

Übersicht und neueste technische Entwicklungen

Für die verschiedenen Stahldrahtsorten gibt es je nach Stahlgüte, Verfahrensschritt und metallurgischen Anforderungen an das Endprodukt unterschiedliche Wärmebehandlungsprozesse.

Diese Wärmebehandlungsprozesse kann man in Abhängigkeit von der Betriebsweise in zwei Gruppen von Wärmebehandlungsanlagen unterteilen: Es gibt kontinuierlich bzw. semi-kontinuierlich und satzweise betriebene Wärmebehandlungsanlagen.

Typische Öfen für den Einsatz als kontinuierliche Anlagen sind Rollenherdöfen (mit/ ohne Schutzgas) und Drehteller-/Drehherdöfen (mit/ ohne anschließende Vergütung (quenched)).

Für den Einsatz als semi-kontinuierlich betriebene Wärmebehandlungsanlagen gelten z.B. STC[®]-Öfen.

Für die Gruppe der satzweise betriebenen (Batch) Wärmebehandlungsanlagen sind HPH[®]- Haubenglühanlagen mit H₂, HNX oder N₂-Atmosphären und Kammeröfen mit/ohne Schutzgas sowie mit/ohne anschließender Vergütung (quenched) typische Öfen.

Die Tenova-Gruppe mit ihren Ofenbauunternehmen Tenova LOI Thermprocess (Essen, Deutschland) und Tenova Italmimpianti (Genua, Italien) ist das einzige Ofenbauunternehmen weltweit, welches all die o.g. Ofentypen aus einer Hand anbieten kann. Dadurch ist man in der Lage, für die individuellen Bedingungen eines jeden Kunden das optimale Ofenkonzept auszuwählen und zu liefern.

In dem nachfolgenden Beitrag werden sowohl Konti als auch Batch Ofenkonzepte an einigen Beispielen vorgestellt und miteinander verglichen sowie deren neueste technische Entwicklungen aufgezeigt.

Konti Drehteller-/ Drehherdofen- anlagen zum Lösungsglühen von Edelstahl-Drahtcoils

Prozesstechnik

Drahtcoils aus Edelstahl müssen schnell von Raumtemperatur auf eine genügend hohe Temperatur gebracht werden, um den Kohlenstoff in Lösung zu bringen, jedoch langsam genug, um das Kornwachstum zu minimieren. Anschließend müssen die Coils schnell auf Raumtemperatur abgekühlt werden, um den Kohlenstoff in Lösung zu halten und gleichzeitig die interkristalline Korrosion zu verhindern. Aufgrund seiner Geometrie wird das Drahtcoil unterschiedlich schnell erwärmt. So werden die äußeren Lagen durch die umströmenden Verbrennungsgase und die Wandstrahlung schneller erwärmt als die inneren Lagen. Für eine hohe und homogene Materialqualität ist es sinnvoll, das Einsatzmaterial in zwei Stufen aufzuheizen. In der ersten Stufe wird das Material auf eine Temperatur erwärmt, bei welcher der Kohlenstoff bereits in Lösung geht, aber das Kornwachstum noch nicht startet. Es folgt dann ein Temperatursgleich zwischen den äußeren und inneren Lagen des Coils. Anschließend wird bis zur Zieltemperatur erwärmt, ebenfalls wieder mit einem gewissen Temperatursgleich, da auch hier ein Zeitverzug zwischen den äußeren und inneren Lagen auftritt. Zur Staffelung der Heizphasen dient ein heb- und senkbares Trennwehr im Ofen.

Anlagentechnik

Zum Lösungsglühen von Edelstahldraht bietet Tenova LOI Thermprocess offenbeheizte Drehteller-/ Drehherdöfen mit automatischen Manipulatoren zur Beschickung und Entnahme sowie zum Abschrecken mit Wasser- oder Polymer-Quenchtechnologie. Die Öfen zeichnen sich durch eine kompakte Bauart aus. Drehtelleröfen (Bild 1) werden hauptsächlich bei kleineren Durchsatzleistungen eingesetzt. Bei größeren Durchsatzleistungen kommen Drehherdöfen (Bild 2) zum Einsatz. Beide Ofentypen eignen sich sehr gut für die für Edelstahl notwendigen Wärmebehandlungstemperaturen von bis zu 1.200 °C, da keine metallischen Komponenten im Ofenraum verbaut sind.

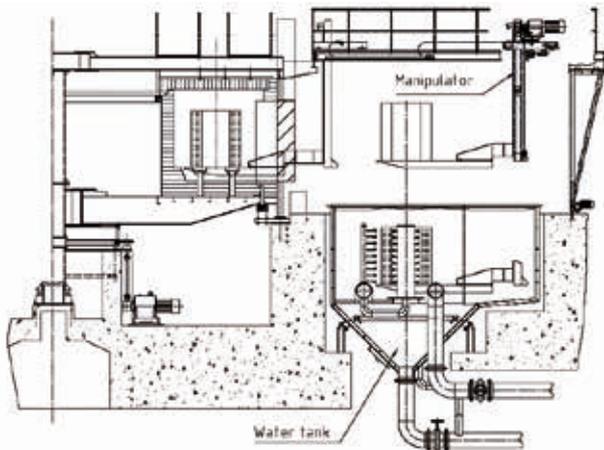


▲ Bild 1 Konti Drehtellerofen



▲ Bild 2 Konti Drehherdofen

Das häufigste Design ist ein auf einem Großkugellager drehbarer Herd (Bild 3). Beim Drehtellerofen sind der Herd und die innere Ofenwand ein gemeinsames Bauteil. Am äußeren Umfang des Großkugellagers sind elektrische oder hydraulische Antriebe für die Rotation angebracht. Die äußere Ofenwand und auch die Ofendecke sind feststehend ausgeführt. Für die Abdichtung der Ofenkammer sind am äußeren Umfang des Drehherdes eine Wassertasse mit Dichtungsschwert und im Bereich der Ofendecke an der inneren Ofenwand eine Sandtasse mit Dichtungsschwert montiert. Die Ofentüren zur Beschickung und Entnahme sind jeweils in der äußeren Ofenwand platziert. Zur Abdichtung hat jede Tür ein mechanisches System zum Anpressen an den Türrahmen. Die Beschickungs- und Entnahmebereiche im Ofen sind durch zwei feste Trennwehre aus Feuerfest-Material



▲ Bild 3 Genereller Aufbau eines Drehtellerofen mit Be- und Entladevorrichtung und Quenchbad

voneinander getrennt. Die Trennwehre sind in der Ofendecke verankert und reichen mit einem gewissen Abstand bis zum Boden des Herdes. So werden die beiden Bereiche in verschiedene Temperaturzonen aufgeteilt. Die Öfen werden durch in der Ofendecke installierte Strahlungsbrenner beheizt. Die Drahtcoils werden einzeln durch die Gabel des Manipulators direkt auf den mit Höckern ausgeführten Herd abgesetzt. Die Höcker des Herdes sind wie der Herd selbst aus hochwertigen Feuerfest-Materialien ausgeführt. Die Zinken der Manipulatorgabel passen beim Be- und Entladen zwischen die Höcker, um auf diese Art ein Chargieren ohne Chargiergestelle zu ermöglichen. Nach dem Entladen setzt der Manipulator das Drahtcoil direkt über dem Abschreckbecken ab. Ein Elevator senkt das Drahtcoil in das Wasser- oder Polymerbad ab. Es sind Düsen sowohl am äußeren Umfang als auch in der Mitte des Coils installiert, um durch eine entsprechende Umströmung den Wärmeübergang zu optimieren und die Dampfbildung zu vermeiden. Weiterhin sind Pumpen, Filter und Rückkühler für das Kühlwasser vorgesehen.

Die Beheizungstechnik ist nach modernsten energetischen Kriterien ausgeführt, so wird z. B. die im Abgas enthaltene Wärme über einen Luftwärmetauscher der Verbrennungsluft und somit dem Prozess wieder zugeführt. Je nach Leistungs- und Temperaturniveau können sowohl zentrale Rekuperatoren, Regenerativbrenner oder Rekuperativbrenner eingesetzt werden. Die Brenner selbst

sind so ausgeführt, dass zum einen eine exzellente Wärmeübertragung erfolgt und zum anderen die Abgasemissionen wie NO_x, CO, CO₂ etc. auf ein Minimum reduziert werden.

Wichtiger Bestandteil des modernen Drehteller-/ Drehherdofens ist die effektive Steuerung und Automatisierung von Temperaturregelung und Materialsteuerung. Hierzu dienen hochwertige Armaturen und Sensoren, die mit einer modernen SPS-Steuerung mit entsprechender Visualisierung gekoppelt sind.

Die Steuerung kann direkt mit dem Leitsystem des Kunden verbunden werden, um durch Austausch der erforderlichen Materialdaten (Qualität, Abmessungen, Gewicht etc.) den Produktionsablauf weiter zu automatisieren und zu optimieren. Tenova LOI Thermprocess verfügt dazu über eigene Expertise und Programme. Durch die Vernetzung der Computersysteme mit den eingesetzten Feldgeräten sind diese Öfen auf dem neusten Stand der Technik und somit auch Industrie 4.0-fähig.

Die Hauptvorteile sind:

- Es wird keine hohe Halle zum Überfahren der Anlage benötigt
- Kompaktes Anlagendesign dank des ringförmigen Aufbau mit Türen
- Möglichkeit zwei Abschreckbäder mit unterschiedlichen Abschreckmedien (Wasser und Polymer) zu installieren
- Möglichkeit die Coils ohne Gestelle wärmezubehandeln

Die typischen Ergebnisse sind:

- Praktisch 100 % Einforngrad
- Temperaturgleichmäßigkeit innerhalb des Coils von $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Nach Erreichen der Haltezeit Regelgenauigkeit von $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Vollständiges Erzielen der geforderten Materialeigenschaften schon mit der ersten Glühung möglich

Die beschriebenen Drehteller-/ Drehherdöfen werden hauptsächlich für Durchsatzleistungen von bis zu 10 t/h und für Coils mit max. \varnothing 2.000 mm und max. 2.000 kg eingesetzt.

Kammeröfen mit Abschreckbad zum Lösungsglügen von Walz- und Ziehdraht Coils

Prozesstechnik

Halbzeuge aus Spezialstahl werden mit einer Reihe unterschiedlicher Verfahren wärmebehandelt, um die nachfolgende Kaltverformung zu optimieren. Schnelle Abschreckverfahren werden benötigt, um gezielt eine definierte Kristallstruktur einzustellen. Hohe Genauigkeit des Erwärmungsprozesses, präzises Halten und die Abkühlgeschwindigkeit sind Erfolgsfaktoren für eine hohe Wiederholgenauigkeit des Prozesses und beste, resultierende Materialeigenschaften. Sie ermöglichen dem Anwender höchste Qualitätsstandards zu erfüllen, wie sie im Markt für hochwertige Stahlprodukte z.B. der Luftfahrt- oder Rüstungsindustrie verlangt werden.

Anlagentechnik

Für diesen Einsatzzweck hat Tenova Italmimpianti ein Konzept zur Wärmebehandlung von Walz- und Ziehdraht Coils entwickelt, das die Anordnung einer Reihe von Kammeröfen zum Erwärmen rund um ein Abschreckbad aus Edelstahl vorsieht. Diese kompakte, ringförmige Anordnung (Bild 4) reduziert die Zeiten für den Transport zwischen Ofen und Bad auf ein Minimum, was ideal für den Abschreckprozess ist.

Standard Be- und Entlade-Rollengänge und Handlings-einrichtungen vervollständigen die Anlage. Durch die sehr modular konstruierte Anlagentechnik kann die Anpassung an die unterschiedlichsten Produktionsanforderungen hergestellt werden.

Diese Wärmebehandlungsanlage vom Typ Kammerofen hat eine typische Chargenkapazität von bis zu 3 t. Als Vorteil des modularen Aufbaus können mehrere Öfen miteinander kombiniert werden, um die Gesamtkapazität dem Bedarf anzupassen.



▲ Bild 4 Kammeröfen mit Quenchbad und Manipulatoren

Die Konstruktion der Anlage erlaubt es, die ringförmige Belade- und Entladevorrichtung, das Abschreckbad, den Ofen und die Rollgänge vorzufertigen, was eine einfache Endmontage vor Ort ermöglicht.

Außerdem wird diese typische Konfiguration von Kunden wegen ihrer Kompaktheit bevorzugt.

Mit der Anpassung der Anlagensteuerung kann die Anlage vollautomatisch gefahren werden. Sie ist also auf mannlose Produktion ausgelegt.

Wenn das Coil auf der Aufgabestation positioniert ist, muss der Bediener nur noch den jeweiligen Prozess, das Material und das für die Güte passende Verfahrensrezept auswählen und die Steuerung initiiert alle Beheizungsaggregate, Abschreckprozesse und Materialtransfer automatisch.

Für den Materialtransport werden nur Gabelstapler zum Be- und Entladen der Coils auf das Handlingsystem benötigt. Es sind keine Hallenkräne notwendig.

Die Hauptvorteile sind:

- Es wird keine hohe Halle zum Überfahren der Anlage benötigt
- Kompaktes Anlagendesign dank des ringförmigen Aufbau mit Türen

- Möglichkeit zwei Abschreckbäder mit unterschiedlichen Abschreckmedien (Wasser und Polymer) zu installieren
- Möglichkeit gleichzeitig unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Verfahren wärmezubehandeln (theoretisch kann jeder Kammerofen einen unterschiedlichen Prozess fahren)
- Möglichkeit, die Produktionskapazität dem Marktbedarf durch Ergänzung weiterer Module bei Nutzung des vorhandenen Handlingsystems anzupassen

Die typischen Ergebnisse sind

- Praktisch 100 % Einformgrad
- Temperaturgleichmäßigkeit innerhalb des Coils von $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
- Nach Erreichen der Haltezeit Regelgenauigkeit von $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$
- Vollständiges Erzielen der geforderten Materialeigenschaften schon mit der ersten Glühung möglich

Satzweise betriebene HPH[®] Haubenofenanlagen zum Einformungsglühn von Walzdrahtbunden und Rekristallisieren von Ziehdrahtbunden in H₂, HN_x oder N₂ Atmosphäre

Prozesstechnik

Für die Wärmebehandlung von Walzdraht und gezogenen Drahtbunden werden in der Drahtindustrie (Drahtwalzwerke und Drahtziehereien) Mehrstapel-Haubenglühanlagen (Bild 5) eingesetzt. Ziel der Wärmebehandlung von Walzdraht (Einformungsglühung) ist neben der unerlässlichen niedrigen Festigkeit des Drahtes für die nachfolgende Kaltverformung auch eine definierte Gefügestruktur mit mindestens 90 % globularem Zementit-Anteil. Diese Glühung zeichnet sich dadurch aus, dass nach einer Aufheizzeit auf die Umwandlungstemperatur A_{c1} und nach einer Haltezeit eine kontrollierte Langsamkühlung mit der Heizhaube auf eine Temperatur deutlich unter A_{c1} erfolgt. Der gezogene Draht wird einer



▲ Bild 5 Batch HPH[®] Mehrstapel-Haubenglühanlage

oder mehreren Rekristallisationswärmebehandlungen unterzogen (je nach der geforderten Reduktion auf den endgültigen Drahtdurchmesser). Das Endglühn von gezogenen Drahterzeugnissen ermöglicht, eine rekristallisierte Mikrostruktur von spezifischer Härte, Zugfestigkeit und Verformbarkeit herzustellen. Für höchste Glühqualitäten werden als Prozessatmosphäre entweder 100 % Wasserstoff, 100 % Stickstoff oder deren frei wählbaren Gemische eingesetzt. Der Einsatz von 100 % Wasserstoff als Schutzgasatmosphäre ist dank der ausgeklügelten Prozesssteuerung mit Plausibilitätskontrollen, protokollierten Störmeldungen und automatischen Sicherheitsreaktionen seit Jahrzehnten Stand der Technik in der LOI HPH[®] (High Performance Hydrogen) Haubenglühtechnik.

Anlagentechnik

Der generelle Aufbau eines HPH[®]-Haubenglühofens ist in Bild 6 dargestellt.

Bunde aus Walzdraht oder gezogenem Draht verfügen über ein relativ hohes spezifisches Volumen, sodass aus

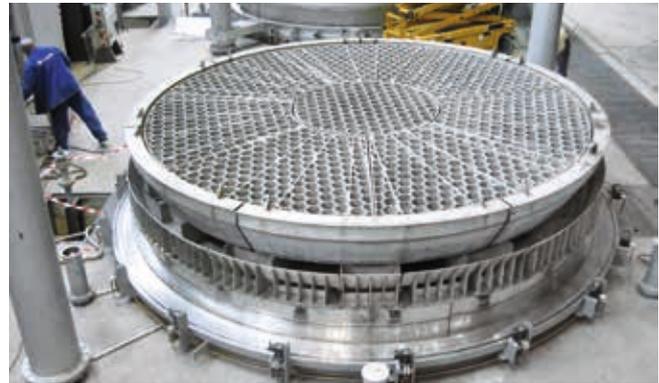
Gründen der Wirtschaftlichkeit und Flexibilität Haubenofenanlagen eingesetzt werden, auf deren Glühsockeln mehrere Bundstapel nebeneinander angeordnet sind.



▲ Bild 6 Prinzipieller Aufbau eines HPH® Haubenglühofens

Die typischen Haubenofenanlagen für Walzdraht und gezogenen Draht verfügen über Nutzdurchmesser von 2.600 bis 4.600 mm und Stapelhöhen bis 5.400 mm. Der HPH®-Glühsockel verfügt dabei über ein langzeiterprobtes Sockeldesign, welches bei den zunehmend zum Einsatz kommenden Hochtemperaturglühungen von z.B. Kugellagerstählen wegen der extrem robusten Ausführung für längste Lebensdauer ausgelegt ist. Für Drahtwalzwerke und Drahtziehereien, bei denen Drahtbunde mit nahezu identischen Abmessungen zum Einsatz kommen, hat Tenova LOI Thermprocess ein mittels FEM (Finite Element Methode) optimiertes Sockeldesign mit festen, hoch belastbaren Chargierplätzen entwickelt (Bild 7). Die Vorteile dieses neuen Sockelkonzeptes sind die Vereinfachung der Beladung für die Bediener und das reduzierte Sockelgewicht, welches neben einer reduzierten Glüh- und Kühlzeit auch zu einem verringerten spezifischen Erdgasverbrauch je Glühreise führt. Das neue Sockelkonzept ist mittlerweile schon seit 4 Jahren bei Kunden mit guten Erfahrungen im Einsatz. Neben der Lastaufnahme durch die Charge hat der Glühsockel noch die Aufgabe für die Schutzgasumwälzung, die

sogenannte HPH®-Hochkonvektionstechnik, zu sorgen. Hierbei garantiert die hohe Umwälzrate des Prozessgases beste Glühleistungen und eine engst mögliche Temperaturgleichmäßigkeit im gesamten Chargenraum. Das Umwälzsystem verfügt über ein 1.300 mm großes Lüfterrad aus hitzebeständigen Werkstoffen und einen bis zu 95 kW frequenzgesteuerten Umwälzermotor. Das Hochleistungs-Lüfterrad ist ein auf die geometrischen Verhältnisse des HPH®-Glühsockels - und dort im speziellen an das Diffusor- und Konfusorsystem - angepasst und ausgelegt.



▲ Bild 7 Neues Sockeldesign mit festen, hoch belastbaren Chargierplätzen

Zuletzt wurde das Lüfterrad noch einmal durch eine veränderte Nabengeometrie optimiert. Hierdurch konnte das Gesamtgewicht des Lüfterrades um etwa 20 % gegenüber der vorherigen Ausführung mit Gußnabe reduziert werden. Die Vorteile liegen auf der Hand: Die kritische Drehzahl des Umwälzersystems hat sich erhöht und durch das geringere Gewicht des Lüfterrades wird eine deutlich längere Lebensdauer des Umwälzermotors und des Lüfterrades erreicht.

Semi-Konti Short Time Cycle (STC®) Rollenherdöfen mit endogener Schutzgasatmosphäre für Walz- und Ziehdraht Coils sowie Stäbe

Prozesstechnik

Halbzeuge aus Spezialstahl werden mit einer Reihe unterschiedlicher Verfahren wärmebehandelt, um die nachfolgende Kaltverformung zu verbessern. Bislang werden vornehmlich Conti-Anlagen, die auf hohe Durchsätze oder spezifische Anwendungen spezialisiert sind, eingesetzt. Aber der Bedarf für kleinere Ofenanlagen steigt, die eine höhere Effizienz als konventionelle Spezialanlagen versprechen und gleichzeitig eine breitere Palette von Wärmebehandlungsverfahren (Weichglühen, Normalisieren, Aufkohlen etc.) und Einsatzmaterialien (Walz- und Ziehdraht, Stäbe, Rohre, Kaltformteile etc.) abdecken.

Reiner Stickstoff und Endogase werden beim Erwärmen als Schutzgasatmosphäre eingesetzt. Die Atmosphäre wird entsprechend des erforderlichen Kohlenstoffgehaltes im Gas (Potentialfaktor $(CO)_2/(CO_2)$) eingestellt. Die CO - und CO_2 -Anteile werden kontinuierlich von einem Infrarot-Analyseinstrument gemessen und dokumentiert.

Der Aufbau des Generators erlaubt die Reduzierung des Schutzgasverbrauches durch die Analyse des Gasverhältnisses zwischen Erzeugergas zur Prozeßatmosphäre. Diese ständige Analyse führt dann ebenfalls zu einer stabilen Gaserzeugung. Der reine Stickstoff wird in der Kühlkammer dann zum Gasabschrecken benötigt.

Anlagentechnik

Der Semi-Konti STC® Rollenherdofen von Tenova Italmimpianti (Bild 8) hat standardisierte Größen von 4 bis 56 t Chargengewicht. Der modulare Aufbau erlaubt es, den Ofen vorzufertigen, was eine einfache Endmontage vor Ort ermöglicht.

Die Anlage besteht aus einem Aufgabe- und Entladetisch, den Öfen (mit Heiz- und Kühlfunktion), der Steuerung und den Gasgeneratoren für die Ofenatmosphäre.



▲ Bild 8 Semi-kontinuierlicher STC®-Rollenherdkammeröfen

Als Chargentransport wird hierbei ein Rollenherdsystem eingesetzt. Nach Anpassung der Anlagensteuerung können STC® Öfen auch vollautomatisch gefahren werden. Sie sind also auf mannlose Produktion ausgelegt. Wenn das Coil auf der Aufgabestation positioniert ist, muss der Bediener nur noch den jeweiligen Prozess, das Material und das für die Güte passende Verfahrensrezept auswählen und die Steuerung initiiert alle Beheizungsaggregate, Abschreckprozesse und Materialtransfers automatisch.

Die Anlagensteuerung mit bis zu 200 abgespeicherten Verfahrensrezepten macht das System sehr flexibel. Für den Materialtransport werden nur Gabelstapler zum Be- und Entladen benötigt. Hallenkräne sind nicht erforderlich.

Im Vergleich zu konventionellen Kammeröfen bieten STC® Öfen verschiedene Energierecyclingtechniken, die helfen Energie und weitere Verbrauchsmedien einzusparen wie z.B.

- Der Einsatz von Keramikfaser-Isoliermaterialien, Strahlheizrohre mit Rekuperatoren zur Vorheizung des Brenngases und dem Einbau von nur wenigen wasser gekühlten Elementen im Ofenraum

- Die Ofen Ein- und Ausgangstüren jeder Kammer haben Schließvorrichtungen, die Undichtigkeiten reduzieren und eine luftdichte Behandlungskammer ermöglichen. Zudem sind die Ein- und Ausgangstüren gekoppelt, sodass sie nicht gleichzeitig geöffnet werden können. Das stabilisiert die Ofenatmosphäre in der Heiz- und Kühlkammer und es wird nicht unnötig Schutzgas verschwendet.

Der wichtigste Unterschied zwischen einer Wasserstoff-Haubenglühanlage und einem Endogas STC[®]-Rollenherdofen liegt beim Einsatzmaterial: Von dem STC[®] Ofen können sowohl Walzdraht-Coils als auch Stabbündel ohne Abbeizen oder Entzundern verarbeitet werden.

Kontinuierliche Rollenherdofenanlagen zur Wärmebehandlung von Drahtcoils unter Schutz- oder Reaktionsgasatmosphäre

Prozesstechnik

Nicht- bzw. niedrig legierte C-Stahlsorten erfordern oft nach der Formgebung eine Wärmebehandlung im Temperaturbereich von 450 °C bis 1.050 °C durch Spannungsarmglühen, Rekristallisation, Normalisieren, Weichglühen oder Glühen auf kugligen Zementit (GKZ) in indirekt beheizten Rollenherd-Durchlaufanlagen (Bild 9). Diese Anlagenform wird bevorzugt bei größeren Tonnen pro Stunde und kontinuierlicher Produktion eingesetzt. Kennzeichnend für diese Ofenanlagen sind eine langsame und gleichmäßige Erwärmung, ein ausreichender Haltebereich sowie eine anschließende, materialspezifische Abkühlung.

Die hohe Temperaturkonstanz und der geringe Energieverbrauch, dieser meist gasbeheizten Öfen, gewährleisten reproduzierbare Prozesse und Materialqualitäten sowie deren individuelle Behandlungszeiten. Zudem benötigt diese Anlagenform keine ständigen Aufheiz- und Abheizkurven pro Charge und damit verbundene Dichtigkeitsprüfungen. Die Wärmebehandlung von Draht in Coil-Form erfolgt in

diesen kontinuierlich arbeitenden Rollenherddurchlaufanlagen unter Verwendung von unterschiedlichen Schutzgasarten. Das Atmosphärgas wird entsprechend der Werk-



▲ Bild 9 Conti Rollenherdofen für Drahtcoils

stoffe und den Anforderungen an deren Oberfläche nach der Wärmebehandlung bestimmt.

Die als neutrale Schutzgase klassifizierten Gase werden hauptsächlich zur Vermeidung von Oxidation auf der Metalloberfläche eingesetzt und dienen auch als Spülgase für brennbare / explosive Reaktionsgase im Falle einer notwendigen sicherheitsgerichteten Freispülung der Ofenatmosphäre. Die eigentlichen Reaktionsgase sollen bereits vorhandene Oxidationsschichten reduzieren oder eine weitere Oxidation der Metalloberfläche vermeiden. Abhängig vom Material sollen diese Reaktionsgase auch eine Randentkohlung verhindern oder in manchen Fällen sogar für eine leichte Aufkohlung der Randschicht des Materials im Rollenherdofen sorgen.

Die als neutrale Schutzgase klassifizierten Gase werden hauptsächlich zur Vermeidung von Oxidation auf der Metalloberfläche eingesetzt und dienen auch als Spülgase für brennbare / explosive Reaktionsgase im Falle einer notwendigen sicherheitsgerichteten Freispülung der Ofenatmosphäre. Die eigentlichen Reaktionsgase sollen bereits vorhandene Oxidationsschichten reduzieren oder eine weitere Oxidation der Metalloberfläche vermeiden. Abhängig vom Material sollen diese Reaktionsgase auch eine Randentkohlung verhindern oder in manchen Fällen

sogar für eine leichte Aufkohlung der Randschicht des Materials im Rollenherdofen sorgen.

Anlagentechnik

Der typische Anlagenaufbau eines Rollenherdofens für Drahtcoils (Bild 10) sieht aufgrund der Coilabmessungen meist eine Schleuse zur Trennung der Umgebungsatmosphäre von der Schutzgas- bzw. Reaktionsgasatmosphäre sowohl im Einlauf- als auch im Auslaufbereich vor. Diese Schleusen können als Vakuum- wie auch als Spülschleusen ausgeführt werden. Hierbei muss die Oxidationsaffinität der Stahlsorte während des Glühprozesses beachtet werden. Besonders oxidationsanfällige Werkstoffe erfordern eine Vakuumschleuse. Die anschließende Ofenkammer wird ggf. noch durch einen Zwischenbereich, dem sogenannten Intermediate, von der Einlaufschleuse entkoppelt.

Zur Sicherstellung der erhöhten Anforderungen, insbesondere an den Kohlenstoffgehalt an der Materialoberfläche nahe den Standardtoleranzen nach dem Glühen, wird die Ofenkammer mit einem kohlungsneutralen Stickstoff begast. Durch die Anreicherung des Stickstoffes mit Endogas wird eine Ofenatmosphäre mit einem bestimmten C-Potential erzeugt. Dieses Kohlenstoffpotential wird auf den Kohlenstoffgehalt des zu behandelnden Produktes abgestimmt. Der CO-Gehalt der Atmosphäre ist dabei von 1 % bis 6 % einstellbar.

die Ofenatmosphäre geregelt. Der Zustand der Atmosphäre wird entweder über eine Zirkondioxid-Sonde oder über einen Gasanalysator kontinuierlich überwacht. Bei Abweichung der Regelgröße vom Sollwert wird automatisch durch Zuführung z.B. mit Propan oder Abmagerung z. B. mit Luft die Atmosphäre ausgeregelt. Für die Glühprozesse, welche eher geringe Glühtemperaturen in der Wärmebehandlung verlangen, muss der Metal-Dusting-Effekt vermieden werden. Hier gilt es, einen Ausgleich zwischen dem angestrebten Kohlenstoffpotential in der Atmosphäre und der Kohlenstoffaktivität des Materials während der Wärmebehandlung einzustellen. Durch entsprechende Sollwertvorgaben wird die Ofenatmosphäre an das aktuelle Produkt angepasst. Dies erfolgt durch Auswahl unterschiedlicher Begasungseinstellungen unter Berücksichtigung der verschiedenen Glühprogramme.

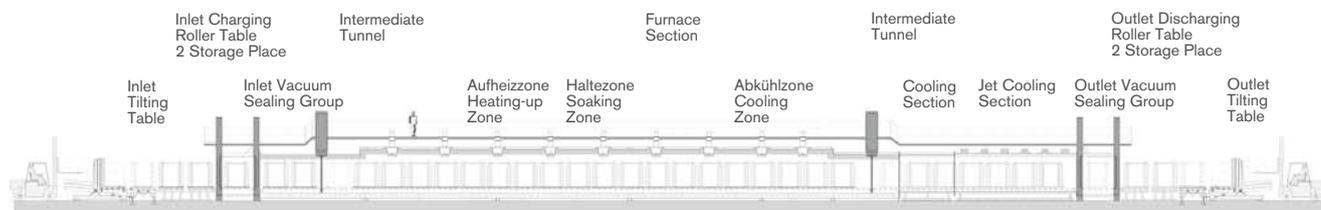
Der anschließende Kühlbereich wird auch wieder durch eine Intermediate und Türen von der Ofenraumatmosphäre getrennt. Die Kühlung wird durch frequenzgerichtete Ventilatoren geregelt. Der optimale Abkühl-Temperaturgradient kann mit Jetkühlung, Slow-Jet oder Langsamkühlung realisiert werden.

Moderne Ofenanlagen werden zunehmend mit C-Potenzial-Regelung und CQI-9 konform ausgestattet, bedingt auch durch die hohen Anforderungen aus der Automobilindustrie.

Zur Aufrechterhaltung des Kohlenstoffpotenzials wird

Direction of Travel ►

Vergleich von satzweise betriebenen



▲ Bild 10 Konti Rollenherdofen für Drahtcoils

HPH[®]-Haubenglühanlagen (BAF) mit Semi-Konti STC[®]-Öfen und kontinuierlich betriebenen Rollenherdöfen (RHF)

Solche Vergleiche können objektiv nur vorgenommen werden, wenn man Erfahrungen mit allen zu vergleichenden Ofentypen hat. Zudem muss jeder Anwendungsfall separat betrachtet werden. Allgemeingültige Schlussfolgerungen sind schwer zu treffen.

Für die weiteren Darstellungen werden folgende Coildaten (Tabelle 1) verwendet:

Stahlgüte	100 Cr 6
Coil-Außendurchmesser	1.250 mm
Coil-Innendurchmesser	850 mm
Coil-Höhe	1.800 mm
Coil-Gewicht	2.000 kg
Walzdraht-Durchmesser	10 mm

▲ Tabelle 1: Typische Coildaten für Walzdraht-Coils
In einem typischen STC[®]-Ofen werden 11 Coils mit einem Chargengewicht von 22 t gegläht. Demgegenüber chargiert man in einem typischen Haubenglühofen vom Typ 420-400 insgesamt 14 Coils mit einem Gesamtgewicht von 28 t.

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind technische Daten für alle drei Ofentypen dargestellt.

Welches der drei Konzepte für einen Kunden die optimale Lösung darstellt, hängt von den örtlichen Randbedingungen und den Besonderheiten des jeweiligen Anlagenkonzeptes sowie den Produktionsbedingungen des Kunden ab.

Alle Ofentypen können Temperaturgleichmäßigkeiten innerhalb der Coils von ± 3 °C erreichen. Nach Erreichen der Haltezeit ist die Regelgenauigkeit aller Anlagen bei ± 2 °C. Alle Ofenanlagen können praktisch 100 % Einformgrad erzielen.

Die technischen Vorteile der einzelnen Ofenkonzepte kön-

nen im Wesentlichen wie folgt zusammengefasst werden:

STC[®]-Ofen:

- Es wird keine hohe Halle zum Überfahren der Anlagen benötigt, wie dies beim Haubenofen der Fall ist. Außerdem kann der Hallenkran für geringere Lasten ausgelegt sein.
- Es werden keine umfangreichen Fundamente erforderlich. Ein Keller wird nicht benötigt.
- Der größte Vorteil von STC[®]-Öfen ist, dass man sowohl Drahtcoils als auch Stangenmaterial im gleichen Ofen glühen kann.
- Der Einsatz von Endogas als Schutzgas verhindert Entkohlungen und ermöglicht ggf. Reparaturglühungen mit kontrollierter, aufkohlender Atmosphäre.
- Auf einer Grundfläche von ca. 33 x 10 m können mit einem typischen STC[®]-Ofen bei 100 % Einsatz von 100Cr6 etwa 8.800 t/y gegläht werden.

HPH[®]-Haubenofenanlagen:

- Die Flexibilität der Haubenöfen aufgrund des modularen Aufbaus und die Möglichkeit großer oder kleiner Losgrößen ist unschlagbar.
- Eine absolute Gasdichtigkeit und die Möglichkeit des Einsatzes von Wasserstoff als Schutzgas mit Taupunkten kleiner -60 °C sind nur im Haubenofen möglich. Neben Wasserstoff können auch Stickstoff oder beliebige Gasgemische aus H₂/N₂ zum Einsatz kommen.
- Dadurch kann ein extrem weites Produktspektrum abgedeckt werden inkl. Rekristallisations- und Blankglühungen von gezogenen Drähten.
- Endogas-Generatoren sind nicht notwendig.
- Auf einer Grundfläche von ca. 33 x 12 m können 2 Glühsockel mit einer Heizhaube und 1 JET-Kühlhaube betrieben werden. Im Falle von 100 % Einsatz von 100Cr6 können etwa 11.750 t/y gegläht werden.

Rollenherdöfen:

- Die Vorteile eines Rollenherdofens liegen im Bereich gleichbleibend hoher Losgrößen und in ähnlicher Qualität.

tenova

LOI THERMPROCESS

	STC-Ofen	BAF (420-400)	RHF
Stahlgüte (zu 100 %)	100 Cr 6	100 Cr 6	100 Cr 6
Stapelmasse	11 x 2 t = 22 t	14 x 2 t = 28 t	44 x 2 t = 88 t
Chargieren, Vor- und Nachspülen	0,5 h	3,0 h	0,5 h
Prozesszeit (Aufheizen, Halten, Kühlen)	26 h	23 h	24 h
Gesamtzeit	26,5 h	26 h	24,5 h
Anlagenleistung	0,83 t/h	1,08 t/h	3,5 t/h
Typische Jahresarbeitszeit	8.000 h/a	8.400 h/a	8.000 h/a
Max. Jahresproduktion	1 STC-Ofen: 8.800 t/a	2 So, 1 HH: 11.750 t/a	1 DR 28.000 t/a
Min. Platzbedarf (L x B x H)	33 x 10 x 8	32 x 12 x 13	98 x 10 x 7,5
Krankapazität:	5 t	20 t	5 t
Kran-Überfahrmaß (Haupthub)	10 m	14 m	10 m

▲ Tabelle 2: Technische Daten für drei Ofentypen

- Es wird keine hohe Halle zum Überfahren der Anlagen benötigt.
- Die Materialzufuhr kann kundenspezifisch durchgeführt werden, d.h. über Hallenkran, Gabelstapler, Rollgänge, etc.
- Bei entsprechender Auslegung können in einem Ofen sowohl Drahtcoils als auch Stangenmaterial wärmebehandelt werden.
- Der Einsatz von verschiedensten Reaktionsgasen entsprechend den Kundenanforderungen ist möglich, d.h. die Verwendung von Monogas, Endogas, Exogas, Wasserstoff oder Spaltgas (Ammoniak) auch als Mischgase, etc.
- Der Einsatz von Endogas als Schutzgas verhindert Entkohlungen und Reparaturglühungen mit gesteuerter aufkohlender Atmosphäre sind möglich.
- Ein wesentlicher Vorteil des Rollenherdofens ist die konstante Temperaturführung ohne ständiges Auf- und Abheizen der Ofenanlage.
- Auf einer Grundfläche von ca. 98 x 10 m können mit einem typischen Rollenherdofen bei 100 % Einsatz von 100Cr6 etwa 28.000 t/y gegläht werden.

LOI Thermprocess GmbH

Am Lichtbogen 29
Essen
45141 - Germany
T +49 201 1891 1
F +49 201 1891 321
LOI@tenova.com

LOI Poland Sp. z o.o.

ul. Zagórska 79
Tarnowskie Góry
42-680 - Poland
T +48 32 284 1639
F +48 32 284 2223
LOI@tenova.com

LOI Thermprocess

Tianjin Co. Ltd.
2nd and 3rd Floor -
Tower B, Keyuan Keji
Development Centre No. 8,
Keyuan East Road Tianjin
Hi-Tech Industry Park
Tianjin
300192 - China
T +86 22 87 890 588
F +86 22 87 892 018
LOITJ@tenova.com

Tenova Inc.

Cherrington Corporate Center -
Corporate Center Drive 100
Coraopolis
PA 15108-3185 - United States
T +1 412 262 2240
F +1 412 262 2055
tenova.usa@tenova.com