

# Einsatz neuester Induktionstechnik zur nachhaltigen Steigerung der Ressourceneffizienz in der Massivumformung

Use of the latest induction technology for permanent enhancement of resources efficiency in heavy forming

Jochen Gies, Dirk M. Schibisch

Unter dem ständig steigenden Kostendruck in der Schmiedeindustrie sind die Hersteller von Schmiedelinien aufgefordert, innovative Konzepte zu entwickeln, die vorhandene Ressourcen schonen. Neue Konzepte müssen dem Betreiber von Induktionsanlagen die Möglichkeit bieten, der Forderung vieler OEMs hinsichtlich der Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen nachzukommen. Die Steigerung der Energieeffizienz von Induktionsanlagen erhält mit dieser Forderung eine bedeutende Rolle und die Entwicklung der intelligenten Zonensteuerung iZone™ stellt einen wichtigen Schritt dar.

The ever increasing cost pressure in the forging industry forces the manufacturers of forging equipment to develop innovative concepts, which preserve existing resources. These new concepts must respect the OEM's demands for a reduction of CO<sub>2</sub> emissions. The increase in energy efficiency of induction heating systems plays a decisive role in meeting these demands and the development of the intelligent zone control iZone™ is an important step.

## Einleitung

In Deutschland werden jährlich ca. 2,3 Mio. t Schmiedeteile in der Warmumformung produziert. Für die Erwärmung des Schmiedematerials sind bei einem angenommenen Energieverbrauch von 400 kWh/t rund 920 GWh/a erforderlich. Bei durchschnittlichen Energiekosten in Höhe von 0,10 Euro/kWh bedeutet dies eine Summe von 92 Mio. Euro/a. Die vorliegenden Zahlen machen deutlich, dass die Induktionsanlagenbauer hier besonders gefordert sind, intelligente Konzepte für energieeffiziente, induktive Erwärmungsanlagen zu entwickeln

Vor diesem Hintergrund hat SMS Elotherm die vorhandene Zonen-Technolo-

gie hinsichtlich Wirkungsgrad und Energieeffizienz ständig weiterentwickelt. Mit dem neuen iZone™-Konzept können innovative Prozessstrategien umgesetzt werden. Ziele sind immer die Verringerung des Energieverbrauchs und die damit verbundene Reduzierung der Teilstückkosten.

**Bild 1:** L-LC-Umrichter mit acht Modulen

**Fig. 1:** L-LC inverter, featuring eight modules

Als wichtiger Schlüssel zur Verbesserung des Energieverbrauches erweist sich die Entwicklung einer Umrichtergeneration mit L-LC-Schwingkreis (**Bild 1**). L-LC bezeichnet dabei die Beschaltung am Ausgang des Wechselrichters. Aufgebaut aus ungesteuertem Gleichrichter, Zwischenkreiskondensator, IGBT-Wechselrichter und Ausgangsdrossel hat dieser Umrichter einen Wirkungsgrad von 97 % und einen konstanten Leistungsfaktor  $\cos \phi$  von 0,95 in allen Teillastbereichen. Weitere Schlüssel zur Erreichung des gesetzten Zieles sind optimal kopplende Induktoren mit besonders verlustarmen Kupferwickeln und der Einsatz einer neu entwickelten, datenbankgestützten Software.

Der effiziente Einsatz einer iZone™-Anlage in Verbindung mit einer Heißeisenschere wird im Folgenden dargestellt. Die Aufgabenstellung besteht darin, mit einer flexiblen Erwärmungsanlage die großen Materialabmessungen mit optimalem, geringem Energieverbrauch bedienerfreundlich zu erwärmen.





**Bild 2:** Induktions-Erwärmungsanlage für großformatige Stangen

**Fig. 2:** Induction heating installation for large-format bar

## Aufgabenstellung und Anlagenauslegung

Die Stangen, die zum Heischeren erwärmt werden, haben einen Durchmesserbereich von 120 mm bis 300 mm und eine Länge bis 12 m. Die Stangen werden über ein Stangenmagazin und einen sich anschließenden Rollgang in die Erwärmungsstrecke transportiert. Am Ende der Erwärmungsstrecke, die aus insgesamt zehn Induktoren besteht, werden die Stangen in die Heischere weitertransportiert. Die ersten neun Induktoren haben eine Länge von 1.100 mm, der letzte, unmittelbar vor der Heischere, hat eine Länge von 1.800 mm und

ist für die Homogenisierung der Temperatur über den Stangenquerschnitt und die Länge zuständig. Die Heischere schneidet Abschnitte von 150 mm bis 1.000 mm. Der geforderte Durchsatz beträgt 1,5 bis 9 t/h. (**Bild 2**)

Die Leistungsversorgung der Erwärmungslinie übernehmen zwei L-LC Umrichter. Die Nennleistung der Anlage beträgt 4.200 kW für den geforderten Durchsatz von 9 t/h. Jeder Umrichter hat vier Einzelmodule. Im Einlaufbereich, der kalten Seite der Erwärmungsanlage, haben die ersten fünf Induktoren jeweils ihr eigenes regelbares Umrichtermodul. Die Induktoren sechs und sieben sowie acht und neun werden je-

weils gemeinsam von einem Modul versorgt. Der letzte Induktor, der zur Homogenisierung eingesetzt wird, hat wieder ein eigenes individuell regelbares Modul. Durch diese Konstellation ist nicht nur dem modularen Linienaufbau Rechnung getragen, sondern auch der Anforderung der Instandhaltung an den Einsatz gleicher Bauteile. Alle Einzelmodule sind identisch aufgebaut und alle Induktoren, ausgenommen des letzten, sind gleich gewickelt und untereinander austauschbar. Dies war bei den bisher eingesetzten konventionellen Umrichtern für eine derartige Linie nicht möglich. Die Kosten für die Bevorratung mehrerer unterschiedlicher Ersatzinduktoren entfallen somit. In diesem Falle benötigt der Kunde nur zwei Ersatzinduktoren.

## Produktionsstart

Die Erwärmungszeit einer großformatigen Stange von Raumtemperatur auf 1.250 °C kann bis zu 50 min betragen. Solange dauert es vom ersten Anfahren der Anlage bis das erste Teil geschert werden kann. Bis dahin durchläuft die Stange zehn Induktoren; nach ungefähr fünf Minuten läuft also die sich erwärmende Stange in den jeweils nachfolgenden Induktor ein. Da die iZone™-Steuerung immer die Position der Stange in der Erwärmungsanlage kennt, wird der jeweilige Folgeinduktor immer erst beim Einfahren der Stange zugeschaltet. Bei dieser Betriebsart der Anlage werden durch das systematische Zuschalten der Induktoren bereits unnötige Energieverluste durch „leerlaufende“ Induktoren vermieden (**Bild 3**).

## Produktionsende

Bei Produktionsende erfolgt die Abschaltung der Induktoren in umgekehrter Reihenfolge. Nachdem die letzte Stange den Einlaufinduktor verlassen hat, wird dieser abgeschaltet. Das Wissen um die Position der Stange in der Erwärmungsanlage ist auch hier die Grundlage für die Abschaltung der jeweiligen Induktoren im Auslaufprozess (**Bild 4**).

## Teildurchsätze

In den letzten Jahren sind die Anforderungen an eine flexible Produktion durch kleinere Losgrößen immer größer geworden, so dass moderne Erwärmungsanlagen auch Teildurchsätze realisieren müssen.



**Bild 3:** Produktionsstart: einlaufende Stange (grüner Balken = Induktor zugeschaltet)

**Fig. 3:** Start of production: bar infeed (green bar = inductor switched in)

Mit den von dem Bediener eingegebenen Daten berechnet die iZone™-Steuerung direkt und online die optimale Erwärmungsstrategie mit ressourcenschonendem Energieverbrauch. Im nachfolgenden Beispiel werden bei Stangen mit 300 mm Durchmesser und einem Teildurchsatz von 6 t/h Energieeinsparungen von rund 20 % gegenüber einer konventionellen Lösung realisiert (**Bild 5**).

Zudem kann der Betreiber beispielsweise Aufheizkurven für die zunderminimierte Fahrweise oder „Softerwärmung“ auswählen. Ein weiteres Werkzeug zur Prozesssicherung ist die in iZone™ integrierte Grafikfunktion. Aus den vom Bediener individuell erstellten Erwärmungskurven kalkuliert das System automatisch die Prozessparameter und überträgt diese direkt in die Maschine. Dabei werden nicht nur die Anzahl der notwendigen aktiven Induktoren der Erwärmungsanlage berechnet, sondern auch die erforderlichen Kondensatoren und Umrichtersollwerte direkt online geschaltet bzw. eingestellt. Per Knopfdruck kann die Produktion dann sofort gestartet werden (**Bild 6**).

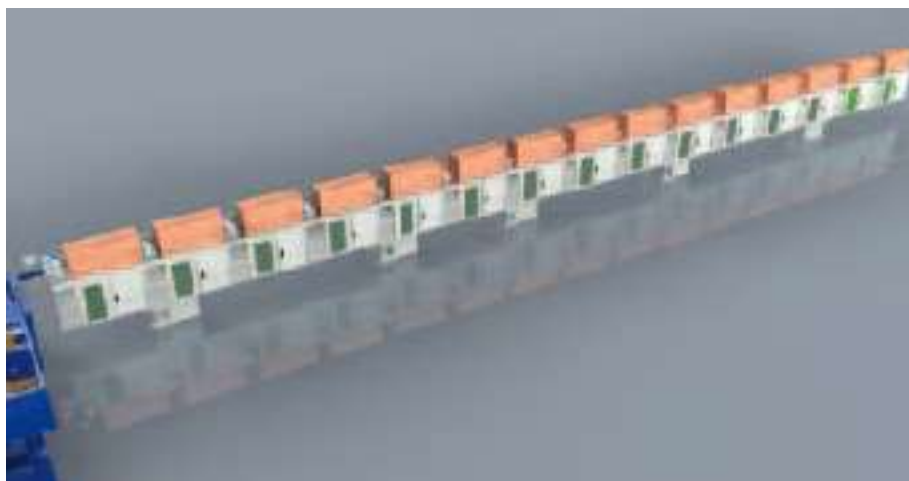
## Erwärmen rissempfindlicher Stähle (Softerwärmung)

iZone™ bietet aufgrund seiner individuell möglichen Leistungsvorgabe für den jeweils angeschlossenen Induktor auch die Möglichkeit, rissempfindliche Stähle zu erwärmen. Hierzu gehören zum Beispiel Kugellagerstähle wie 100Cr6. Um dies zu ermöglichen, musste in der konventionellen Umrichtertechnologie auf speziell gewickelte Induktoren zurückgegriffen werden, die eine sogenannte „Softerwärmung“ im Bereich unterhalb des Curiepunktes ermöglichen.

Mit der intelligenten iZone™-Steuerung in Kombination mit dem L-LC-Umrichter gehört dieser früher notwendige Induktorwechsel der Vergangenheit an. Durch die entsprechende Materialauswahl in der Steuerung wird die Erwärmungsanlage in Kombination mit dem gewünschten Durchsatz immer optimal eingestellt (**Bild 7**).

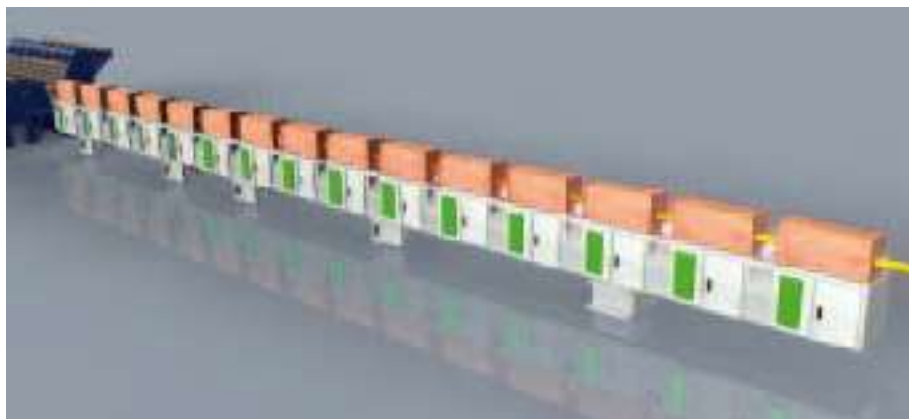
## Störungsstrategie

In konventionellen Schmiedeprozessen muss die Erwärmungsanlage in der Regel bei einer Störung der Heischere leergefahren werden. Ein erneutes Anfahren



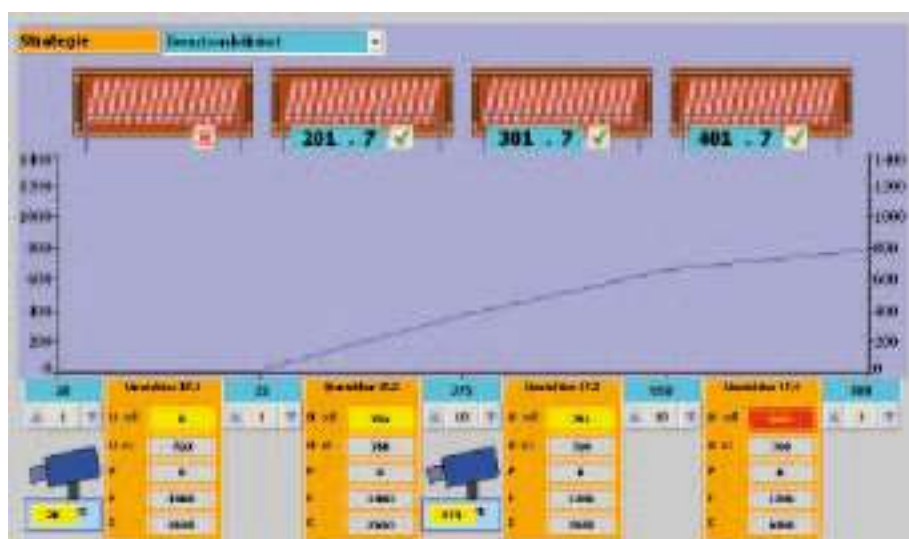
**Bild 4:** Produktionsende: auslaufende Stange (hellgrüner Balken = Induktor zugeschaltet)

**Fig. 4:** End of production: bar run-out (light green bar = inductor switched in)



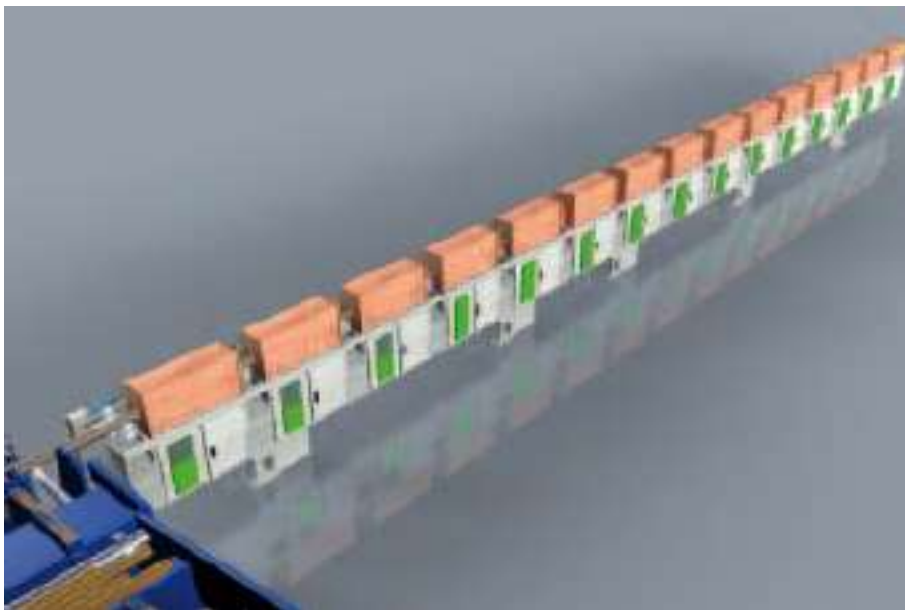
**Bild 5:** Teildurchsätze: Produktionsbetrieb (hellgrüner Balken = Induktor zugeschaltet); Stangendurchmesser 300 mm, gewählter Teildurchsatz: 6 t/h; Energieeinsparung mit iZone™ gegenüber einer konventionellen Lösung: ca. 20 %

**Fig. 5:** Part throughputs: production operation (light green bar = inductor switched in); bar diameter 300 mm, part-throughput selected: 6 t/h; energy-savings using iZone™ (compared to conventional solution): approx. 20 %



**Bild 6:** iZone™-Bedienoberfläche

**Fig. 6:** iZone™ user interface



**Bild 7:** Erwärmung rissempfindlicher Stähle (hellgrüner Balken = Induktor zugeschalt, Induktoren 1 bis 3 mit reduzierter Leistung)

**Fig. 7:** Heating of cracking-sensitive steels (light green bar = inductor switched in, inductors 1 to 3 at reduced output)

bedeutet insbesondere bei der Erwärmung von Stangen mit großem Durchmesser eine lange Aufheizzeit. Der Produktionsausfall durch erneutes Anfahren der Anlage ist hinsichtlich Energieeinsatz (erneutes Erwärmen bereits erwärmter Stangen) und Materialeinsatz nicht vertretbar.

Mit der Möglichkeit der individuellen Regelung der Induktoren ist ein definiertes, feinstufiges Warmhalten der gesam-

ten Materialsäule in der Erwärmungsanlage heute ohne Probleme möglich. Die intelligente iZone™-Steuerung errechnet im Voraus die Enthalpie (Wärmeinhalt) der Materialsäule in den einzelnen Induktoren. Das ermöglicht das individuelle Absenken der Leistung der Induktoren, so dass der jeweilige Energieinhalt der Stange nahezu konstant gehalten wird. Durch Reversieren der Stange (Vermeidung des „Zebraeffektes“ durch

Auskühlung der Stangen in den Lücken zwischen den Induktoren) kann die Produktion nach Beseitigung der Störung direkt wieder aufgenommen werden. Strategisch positionierte Pyrometer geben zusätzliche Informationen über die Oberflächentemperatur der Stange an die Steuerung weiter (**Bild 8**).

## Fazit

Die neue iZone™-Technologie ermöglicht dem Betreiber eine flexible Produktion durch den Einsatz modularer Komponenten in Verbindung mit der innovativen Zonentechnik iZone™. Intelligente Energieverteilung bei jedem Durchsatz, geringster Energieverbrauch durch sukzessives Anfahren und Leerfahren der Anlage sowie das Warmhalten der Materialsäule bei Störungen werden der Forderung nach einer nachhaltigen Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz in der Massivumformung in jeder Form gerecht.

Die neue iZone™-Technologie ist damit nicht nur für die unter starken Kostendruck arbeitenden Schmiedebetriebe in Europa interessant, sondern auch im asiatischen Raum. Auch hier hat man längst erkannt, dass Energie nur begrenzt verfügbar ist und gezielt eingesetzt werden muss. Speziell in Gegenden, die unter Engpässen in der Energieversorgung leiden, zahlen sich die Vorteile der energieeffizienten iZone™-Technologie direkt für den Betreiber aus.

Die Entwicklungen gehen derzeit weiter. Neue Lösungen, die eine weitere Einsparung im Energieverbrauch bei Induktionsanlagen ermöglichen, stehen kurz vor der Markteinführung.



**Bild 8:** Störungsstrategie: Hellgrün = Induktor eingeschaltet mit Halteleistung

**Fig. 8:** Problem strategy: Light green = inductor activated at temperature-maintenance output

**Dipl.-Ing. Jochen Gies**  
SMS Elotherm GmbH  
Remscheid

Tel.: 02191 891-419  
j.gies@sms-elotherm.de



**Dipl.-Wirt.-Ing. Dirk M. Schibisch**  
SMS Elotherm GmbH  
Remscheid

Tel.: 02191 891-300  
d.schibisch@sms-elotherm.de

