

Thermoprossanlagen für Automobilzulieferer

Anforderungen an eine CQI-9 konforme Automatisierungstechnik

engl Titel

engl Untertitel

Von Hartmut Steck-Winter und Günther Unger

Die HTSA CQI-9 dient in diesem Beitrag als Leitfaden welche besonderen Anforderungen von der Automobilindustrie an die Wärmebehandlung gestellt werden. Ziel der Automobilindustrie ist eine kontinuierliche Reduzierung der Kosten und Verbesserung der Qualität und letztendlich eine „Null Fehler Strategie“. Es bleibt jedoch dem Lieferanten überlassen, die Anforderungen entweder durch organisatorische Maßnahmen oder aber durch spezielle Ausführungen der eingesetzten Thermoprossanlagen umzusetzen. Wie die Umsetzung der Anforderungen und Standards der Automobilindustrie in die Produktentwicklung und Modernisierung von Durchlauf-Thermoprossanlagen, insbesondere deren Automatisierungstechnik, erfolgen kann, ist das Hauptthema dieses Beitrags.

In this essay, the HTSA CQI-9 will be the guideline for the discussion of a number of special industrial thermoprocessing equipment requirements in the car industry. The goal of the auto industry is ultimately a system that provides for continual improvement, emphasizing defect prevention (zero defects), and reduction of variation at lowest costs. However, it is left to the various suppliers how to reach this goal. The main topic in this article is the discussion of continuous industrial thermoprocessing plant automation systems that enables organizations supplying heat treated automotive parts to complete their specific demands.

Die globale Automobilindustrie stellt höchste Anforderungen. Jeder Automobilhersteller erwartet von seinen internen und externen Zulieferern termingetreu gelieferte Produkte mit hoher Qualität zu geringsten Kosten. Dies gilt im Besonderen auch für Zulieferer von wärmebehandelten Teilen. Ziel ist eine kontinuierliche Reduzierung der Kosten und Verbesserung der Qualität und letztendlich eine „Null Fehler Strategie“. Um diese Zielsetzung abzusichern, hat die Automobilindustrie eine Reihe von spezifischen Regeln und Vorschriften entwickelt. Für externe Wärmebehandler ist ein von der Automobilindustrie zugelassenes zertifiziertes QM-System, zusammen mit geeigneter Thermopro-

zessanlagentechnik, Grundvoraussetzung für die Aufnahme in den Lieferantenstamm.

Regelwerke der Automobilindustrie

In der Vergangenheit führte die europäische und amerikanische Automobilindustrie jeweils eigene Branchenstandards für Qualitätsmanagement-Systeme ein. Die amerikanischen Automobilhersteller favorisieren die QS-9000 [1], während die deutschen Automobilhersteller mit der VDA 6.1 [2] ihre Norm geschaffen haben. Gemeinsamer Nenner der QS-9000 und der VDA 6.1 war, planenden und vorbeugenden

Maßnahmen zur Fehlerverhütung und kontinuierlichen Verbesserungsprozessen ein höheres Gewicht zu geben. Doppelzertifizierungen ließen sich meist durch die Zertifizierung nach ISO/TS 16949 [3] umgehen.

ISO/TS 16949:2002

Die ISO/TS 16949 [3] ist ein QM-Standard der Automobilindustrie, der gemeinsam von Mitgliedern der International Automotive Task Force, kurz IATF, (BMW Group, Daimler AG, Fiat Auto, Ford, General Motors, PSA, Renault, Volkswagen AG) entwickelt wurde und weltweit einheitliche Maßstäbe für ein Qualitätsmanagement-System in der Automobilindustrie setzen soll.

Die Zertifizierung nach ISO/TS 16949:2002 wird von den Mitgliedsfirmen der IATF mindestens vom direkten Lieferanten (Tier-1), gefordert. Ohne Zertifizierung nach ISO/TS 16949:2002 ist meist keine Belieferung der vorgenannten Automobilhersteller möglich.

Die ISO/TS 16949:2002 basiert auf der ISO 9001:2000 [4]. Sie sollte die bestehenden nationalen Regelwerke VDA 6.1 und QS-9000 ablösen und ab 2004, nach Ablauf der Übergangsfrist, weltweit die Basis für die Zertifizierung von QM-Systemen in der Automobilzulieferindustrie werden. Das Qualitätsmanagementsystem eines Serienteillieferanten nach ISO/TS 16949 wird heute von Automobilherstellern und Direktzulieferern auf der ganzen Welt als anforderungskonform anerkannt. Allerdings gibt es auch zur ISO TS 16949 bereits wieder kundenspezifische Anforderungen.

Das wichtigste Ziel der ISO/TS 16949:2002 ist die Entwicklung eines Qualitätsmanagementsystems, das eine ständige Verbesserung vorsieht. Besonders hervorgehoben werden Fehlervermeidung und Kundenorientierung.

HTSA CQI-9 Bewertung von Wärmebehandlungssystemen

Der „Heat Treatment Assessment Standard“ (HTSA) mit der Bezeichnung CQI-9 [5] wurde von der Automotive Industry Action Group (AIAG) im März 2006 herausgegeben. Eine überarbeitete 2. Ausgabe mit dem Titel „Special Process: Heat Treat System Assessment“ folgte in 2007. Die AIAG ist ein Interessenverband, vorrangig aber nicht ausschließlich der nordamerikanischen Automobilindustrie. Mitglieder der AIAG sind OEM's wie Caterpillar, Chrysler, Daimler, Ford, GM, Honda, Nissan, Toyota aber auch viele weltweit bekannte Zulieferanten.

Die Mitglieder der AIAG verstehen die CQI-9 als Begleitdokument zur ISO/TS 16949:2002. Die CQI-9 ist ausschließlich auf die Wärmebehandlung fokussiert. Während bei den vorgenannten „allgemein gültigen Regelwerken“ zu bewerten ist, ob und wenn ja wie eine speziel-

le Forderung auch auf die Wärmebehandlung anzuwenden ist, ist die CQI-9 spezifisch und meist explizit. Diese Anforderungen der CQI-9 können daher als gute Ausgangsbasis und als Leitfaden für die Anforderungen der Automobilindustrie zur Bewertung von Thermoprozessanlagen verwendet werden.

Anforderungen der Automobilindustrie an Thermoprozessanlagen

In der Regel wird in den Vorschriften der Automobilindustrie, wie beispielsweise in der CQI-9, nicht vorgeschrieben, wie eine Anforderung umgesetzt werden muss. Es bleibt dem Betreiber der Thermoprozessanlage überlassen, die Anforderungen entweder durch organisatorische Maßnahmen oder aber durch spezielle Ausführungen der Steuerung bzw. Informatik der eingesetzten Thermoprozessanlagen umzusetzen. Generell gilt jedoch, dass Thermoprozessanlagen und Schutzgaserzeuger über geeignete computergestützte Überwachungssysteme (z.B. SPS) mit Alarmfunktionen und Alarmprotokollen verfügen müssen. Diese Systeme sind dann auch für den Nachweis der Konformität geeignet [5].

Prozesskontrollplan

Grundlage und unabdingbare Voraussetzung einer „Null Fehler Strategie“ ist, dass die Wärmebehandlung als jederzeit kontrollierbarer, wenn auch spezieller, Herstellungsprozess erkannt wird [5]. Die hierfür erforderliche Prozesskontrolle wird als pro-aktive, prozess-orientierte Überwachung aller technischen und anwendungsspezifischen Funktionen verstanden, die benötigt werden, um die Wärmebehandlung zuverlässig und reibungslos durchführen zu können. Ziel der Prozesskontrolle ist zum einen, Problemsituationen so früh wie möglich zu erkennen bzw. zu lösen, bevor sie kritisch für den Wärmebehandlungsprozess werden und zum anderen die Sicherstellung, dass der tatsächliche Prozessablauf plangemäß erfolgt.

Eine Thermoprozessanlage ist ein komplexes Gebilde. Einflussgrößen, die auf die Anlage (bzw. den Prozess) wirken, machen sich mehr oder weniger bemerkbar. Nur wenn der Prozess innerhalb der in der Spezifikation¹ festgelegten Grenzen bleibt, wird die Produktqualität den Anforderungen genügen. Bewusste oder zufällige Änderungen der verschiedenen Einflussgrößen können die Prozessqualität negativ beeinflussen. Der Prozesskontrollplan soll daher sicherstellen, dass die Teilequalität des tatsächlichen Herstellungsprozesses den Anforderungen entspricht. Dies erfordert sowohl organisatorische Vorgaben als auch technische Maßnahmen.

Für jedes Teil bzw. für jede Teilefamilie muss ein Prozesskontrollplan erstellt werden [5]. In der Praxis besteht der Prozesskontrollplan zum einen aus funktionspezifischen Dateien und zum anderen aus Organisations- oder Arbeitsanweisungen. Dateien und Organisationsanweisungen werden im Prozesskontrollplan miteinander verknüpft. Beispiele für funktionspezifische Dateien sind die nachfolgend beschriebene Teiledaten und die Rezeptdateien.

Der Prozesskontrollplan enthält neben den typischerweise automatisch aus der Teiledaten vorgebbaren Sollwerten auch die Produktmerkmale, die manuell überprüft und statistisch überwacht werden sollen. Der Prozesskontrollplan muss

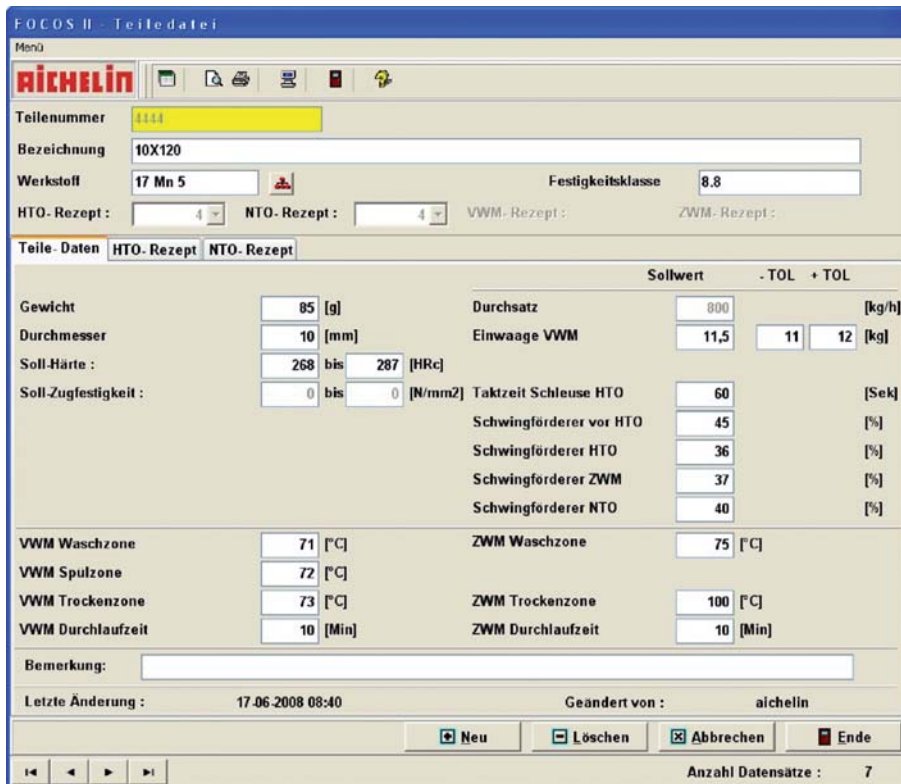


Bild 1: Teiledaten einer Bandofenanlage zum Vergüten

Fig. 1: Parts data base of a belt furnace

¹ Das Term Spezifikation beschreibt in diesem Zusammenhang alle technischen Anforderungen und sonstige Anforderungen an ein Bauteil die vom Hersteller und/oder Kunden festgelegt wurden.

auch die Prüffrequenz und die Probengröße der zu prüfenden Produktmerkmale enthalten. Zumindest bei Durchlauf- und verketteten Chargen-Anlagen beutet dies, dass auch noch zusätzlich eine Verknüpfung der Proben mit der Chargenverfolgung zweckmäßig ist.

Teiledatei

Bild 1 zeigt die Teiledatei einer Bandofen-Vergüteanlage. Für jedes Teil werden die Wärmebehandlungssollwerte spezifiziert. Behandlungsparameter für Teilefamilien, z. B. die Sollwerte im Vergüte- oder Anlassofen sind in Rezepten zusammengefasst. Teilespezifische Sollwerte, wie z. B. die Schwingintensität der Vibrationsförderer werden individuell vorgegeben.

Rezeptverwaltung und automatischer Rezeptwechsel

In der CQI-9 wird ausdrücklich auf den Einsatz von Rezepten hingewiesen [5]. Der Begriff Rezeptur wird verwendet, wenn ein Computersystem, z. B. eine SPS, die Prozessparameter nach einem Schlüsselbegriff, z. B. einer Teilenummer, vorgibt. Gleiche Teile bzw. Teilefamilien sollen reproduzierbar mit den immer gleichen Sollwerten wärmebehandelt werden. Sollwerte sind beispielsweise die Prozesstemperaturen, Durchlaufzeiten, C-Pegel oder aber die Umwälzmenge im Härtebad. Die Einhaltung der Sollwerte muss innerhalb der Betriebstoleranzen überwacht werden [5].

Der automatische Rezeptwechsel hat sich seit langem bewährt. Umstellungen der Prozessparameter werden hierbei von der Steuerung in Abhängigkeit von der Beladung bzw. der elektronischen Chargenverfolgung automatisch vorgenommen und wenn erforderlich, werden die notwendigen Leerchargen bzw. Trennlücken errechnet. Manuelle Einstellfehler werden so sicher verhindert. Moderne Automatisierungssysteme lassen gleichzeitig mehrere Rezeptwechsel innerhalb einer Durchlaufofenanlage zu. In der Anfangszeit der Prozessautomatisierung war für automatische Rezeptwechsel noch ein Prozessrechner erforderlich [6]. Heute übernimmt diese Aufgabe die mittlerweile wesentlich leistungsfähigere SPS.

Während eines Rezeptwechsels auftretende Störungsmeldungen werden in Abhängigkeit von der elektronischen Chargenverfolgung nur den durch die

Störung beeinflussten Chargen zugeordnet.

Änderungen der Sollwerte müssen selbstverständlich ebenfalls dokumentiert werden. Die Rezeptverwaltung sollte daher außerdem eine Versionskontrolle und einen Verwendungsnachweis der gewählten Rezepte beinhalten.

Nachweis der Prozessfähigkeit

Die statistische Prozessfähigkeit (SPC) gibt die Antwort auf die Frage „wie gut wird der Prozess beherrscht?“ Die wesentliche Unterscheidung zur traditionellen Qualitätssicherungsmethode die Qualitätsmängel am fertigen Produkt erkennt liegt darin, dass mit Hilfe statistischer Methoden Qualitätsmängel schon in der Entstehung verhindert werden sollen (Null Fehler Ziel). Die Anwendung statistischer Methoden gehört damit ebenfalls zu den zentralen Anforderungen der Automobilindustrie an Serienlieferanten [3].

Der Nachweis der Prozessfähigkeit muss über einen längeren Zeitraum erfolgen. Aus einem laufenden Prozess werden in festgelegten Abständen Stichproben entnommen und Qualitätsmerkmale gemessen. Das Ergebnis der Stichproben wird auf die Grundgesamtheit hochgerechnet. Es ist bekannt, dass Verteilungen in der industriellen Fertigung häufig hinreichend genau einer Normalverteilung, die auch als Gaußsche Glockenkurve bekannt ist, gehorchen. Dies gilt dann für die Grundgesamtheit und die entnommene Stichprobe.

Die Prozessfähigkeit ist dabei an wichtige Produktmerkmale, wie z. B. die Zugfestigkeit eines Befestigungselements, geknüpft. Der Prozessfähigkeitsindex gibt an wie (statistisch) sicher ein spezifiziertes Produktmerkmal erreicht wird. Je höher der Prozessfähigkeitsindex, umso sicherer befindet sich die gesamte Produktion innerhalb der Spezifikation. Während der Prozessfähigkeitsindex C_p nur die geschätzte Streuung beinhaltet, berücksichtigt der Kennwert C_{pk} auch die relative Lage des Mittelwerts zu den Toleranzgrenzen. Die Automobilindustrie strebt häufig eine Streubreite (C_p -Wert) von ± 6 Standardabweichungen, oft „Six Sigma (6σ)“ genannt, zusammen mit einem Abstand zur nächstgelegenen Toleranzgrenze vom Prozessmittelwert von 1,5 (C_{pk} -Wert), an. Bei einem Six Sigma Level beträgt die Wahrscheinlichkeit dass ein Fehler auftritt nur noch bei 3,4 Fehlern pro Million Fehlermöglichkeiten,

d. h. die Wahrscheinlichkeit dass der Prozess fehlerfrei ist beträgt 99,9999981 %.

In für die Wärmebehandlung typischen Produktmerkmale zur Messung der Prozessfähigkeit, wie z. B. die Zugfestigkeit, gehen viele Einflüsse ein. Dazu gehören das Material, die Teilegeometrie, die verwendeten Medien (z. B. Härteöl), die Chargierung und die „Maschinenfähigkeit“ der Thermoprozessanlage. Ergebnisse an einem wärmebehandelten Bauteil sind stets auch durch das Bauteil selbst beeinflusst und nach Abschluss der Wärmebehandlung nur sehr schwer von der durchgeführten Wärmebehandlung zu trennen [7]. Der Hersteller einer Wärmebehandlungsanlage hat auf die Prozessfähigkeit bestenfalls über die Maschinenfähigkeit der Thermoprozessanlage Einfluss.

Maschinenfähigkeit von Thermoprozessanlagen

Die Maschinenfähigkeit ist eine wichtige Einflussgröße auf die Prozessfähigkeit. Üblicherweise, z. B. bei Werkzeugmaschinen, beschreibt die Maschinenfähigkeit die Qualitätsfähigkeit einer Maschine unter Idealbedingungen. Zur Maschinenfähigkeitsuntersuchung wird gewöhnlich eine Stichprobe von mindestens 50 Stück aus der laufenden Produktion entnommen. Die Maschinenfähigkeit stellt also eine Kurzzeitfähigkeit unter Idealbedingungen dar. Oft wird die Maschinenfähigkeit für die Abnahme von Neumaschinen oder nach Überholungsarbeiten ermittelt.

Durch den Nachweis der Maschinenfähigkeit, die analog zur Prozessfähigkeit mit C_m und C_{mk} bezeichnet wird, wird sichergestellt, dass die verwendeten Maschinen in der Lage sind, die Prozesse mit der geforderten Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit durchzuführen.

Bei Thermoprozessanlagen ist diese Vorgehensweise nicht umsetzbar, weil z. B. die Produktionsteile in Chargen zusammengefasst werden, oder die Durchlaufzeit für den Thermoprozess zu lang ist.

Sommer et al. [8] empfehlen daher aus guten Gründen, zwischen der Prozessfähigkeit einer Wärmebehandlungsanlage und der Prozessfähigkeit an Bauteilen zu unterscheiden. Es ist daher sinnvoll, relevante anlagenspezifische Prozesskenngrößen zu definieren und hierfür objektiv messbare Toleranzgrenzen festzulegen. Diese Anlagenfähigkeit würde sich

Datum	Uhrzeit	Nr. Anlage	Ort	Meldetext	WBA
10.03.09	20:14:05	443	Ofen 5	#53+MSR-N31 [HTC] Aufheizungszone 2 Temperatur Sollwert nicht erreicht	1
10.03.09	19:47:59	439	Ofen 5	#53+MSR-N31 [HTC] Aufheizungszone 1 Temperatur Sollwert nicht erreicht	1
10.03.09	17:34:48	439	Ofen 5	#53+MSR-N31 [HTC] Aufheizungszone 1 Temperatur Sollwert nicht erreicht	1
10.03.09	17:34:45	443	Ofen 5	#53+MSR-N31 [HTC] Aufheizungszone 2 Temperatur Sollwert nicht erreicht	1
10.03.09	16:11:05	741	Ofen 5	#56+MSR-N31 [NTC] Zone 1 Temperaturgrenzwert überschritten	0
10.03.09	16:07:44	729	Ofen 5	#56+MSR-N31 [NTC] Zone 1 Temperaturtoleranz überschritten	1
10.03.09	16:04:31	739	Ofen 5	#56+MSR-N31 [NTC] Zone 3 Temperatur Sollwert nicht erreicht	1
10.03.09	14:58:31	729	Ofen 5	#56+MSR-N31 [NTC] Zone 1 Temperaturtoleranz überschritten	1
10.03.09	14:57:59	739	Ofen 5	#56+MSR-N41 [NTC] Zone 2 Temperatur Sollwert nicht erreicht	1
10.03.09	14:56:39	741	Ofen 5	#56+MSR-N31 [NTC] Zone 1 Temperaturgrenzwert überschritten	0
10.03.09	14:53:07	271	Ofen 5	#52+MSR-N51 [VWO] Zone 2 Temperatur Sollwert nicht erreicht	0
10.03.09	14:49:26	257	Ofen 5	#52+MSR-N31 [VWO] Zone 1 Temperatur Sollwert nicht erreicht	0
10.03.09	14:47:17	731	Ofen 5	#56+MSR-N31 [NTC] Zone 1 Temperatur Sollwert nicht erreicht	1
10.03.09	14:36:04	123	Ofen 5	[SPS] Koppelung Profibus 2 Regler	0
10.03.09	14:35:43	123	Ofen 5	[SPS] Koppelung Profibus 2 Regler	0
10.03.09	14:35:43	512	Ofen 5	#84+MSR-K118 121 [OEL] Nachfülltank minimum	0
10.03.09	14:35:38	368	Ofen 5	#63+MSR-K113 14 [HTC] Endgasdruck zu niedrig	1
10.03.09	14:35:38	368	Ofen 5	#63+MSR-K114 14 [HTC] Propandruck zu niedrig	1
10.03.09	14:35:33	358	Ofen 5	#63+MSR-K113 14 [HTC] Endgasdruck zu niedrig	1
10.03.09	14:35:33	358	Ofen 5	#63+MSR-K114 14 [HTC] Propandruck zu niedrig	1
10.03.09	14:00:13	819	Ofen 5	#77+VBB-S368 [VBB] Lichttaster Übergabeplatz Förderband Entladung verschmutzt	0
10.03.09	14:00:09	819	Ofen 5	#77+VBB-S368 [VBB] Lichttaster Übergabeplatz Förderband Entladung verschmutzt	0
10.03.09	11:03:42	819	Ofen 5	#77+VBB-S368 [VBB] Lichttaster Übergabeplatz Förderband Entladung verschmutzt	0
10.03.09	11:03:39	819	Ofen 5	#77+VBB-S368 [VBB] Lichttaster Übergabeplatz Förderband Entladung verschmutzt	0
10.03.09	08:42:47	819	Ofen 5	#77+VBB-S368 [VBB] Lichttaster Übergabeplatz Förderband Entladung verschmutzt	0
10.03.09	08:42:44	819	Ofen 5	#77+VBB-S368 [VBB] Lichttaster Übergabeplatz Förderband Entladung verschmutzt	0
09.03.09	12:41:39	1078	Ofen 5	SK 9 Automatikbetrieb ausgeschaltet	0
09.03.09	12:35:38	119	Ofen 5	[SPS] Entladespeicher voll	0
09.03.09	12:30:13	119	Ofen 5	[SPS] Entladespeicher voll	0
09.03.09	12:28:23	1078	Ofen 5	SK 9 Automatikbetrieb ausgeschaltet	0
09.03.09	12:27:47	1078	Ofen 5	SK 9 Automatikbetrieb ausgeschaltet	0
09.03.09	12:25:58	119	Ofen 5	[SPS] Entladespeicher voll	0
09.03.09	12:24:04	1078	Ofen 5	SK 9 Automatikbetrieb ausgeschaltet	0

Bild 2: Störungsmeldung

Fig. 2: Error message system

zwar als Abnahme- und Bewertungskriterium der Anlage und der Prozessführung eignen, sie garantiert aber kein Fähigkeitskriterium für das Ergebnis an Bauteilen bzw. an Chargen.

Ein in der Praxis bewährtes Abnahmekriterium von Thermoprozessanlagen ist die Temperaturgleichmäßigkeit nach DIN 17052-1 [9]. Hierbei wird vorausgesetzt, dass wenn die Temperaturbandbreite im leeren Ofen innerhalb festgelegter Grenzen (als Güteklassen A, B oder C bezeichnet) liegt, auch das Ergebnis am Produkt keine unzulässige Schwankungsbreite aufweisen wird. Nicht zuletzt aus diesem Grund ist in der CQI-9 eine jährliche Überprüfung der Temperaturgleichmäßigkeit vorgeschrieben [5]. Die Temperaturgleichmäßigkeit kann aber nicht kontinuierlich überwacht werden. Sie eignet sich daher ebenfalls nicht zur Überwachung der Maschinenfähigkeit.

Parameter aus denen mit SPC-Methoden online Maschinenfähigkeitskennzahlen abgeleitet werden können, sind möglicherweise die Beladung (Gewicht je Einwaaage), die Durchlaufzeit (Zeit im Ofen), die Temperaturregelung, der C-Pegel, der Ofendruck, die Begasungsmengen, die Härtemediumumwälzung, die Verweildauer im Härtemedium, etc [10, 11], zumal allen vorstehenden Parametern ohnehin Betriebstoleranzen zugewiesen

werden müssen [5]. Welcher der vorgenannten Parameter als Indikator der Maschinenfähigkeit am besten geeignet ist, hängt allerdings sowohl vom Produkt wie auch vom Prozess ab [11]. Alles in allem besteht zum Thema Maschinenfähigkeit von Thermoprozessanlagen noch Forschungs- und Normierungsbedarf.

Fehler bzw. Störungen

Die Fragen nach den potenziellen Fehlerursachen und den potenziellen Störungsfolgen sind die Kernfragen auf der Suche nach einer umfassenden „Null Fehler Strategie“. Die Antworten auf diese Fragestellung ermöglichen dann eine Analyse der Störungsfolgen, damit entschieden werden kann, für welche potenzielle Störungen präventive Vorsorge, konstruktiv oder planerisch, getroffen

werden muss, damit kein Fehler am Produkt entsteht.

Fehler haben ihren Ursprung in Abweichungen vom Sollverhalten. Diese Abweichungen entstehen meist durch äußere Einwirkungen oder durch Verschleiß. Mit der Zeit nimmt dann auch das Ausmaß eines Fehlers zu [12].

Fehlerhafte Produkte müssen ausgeschleust werden [3]! Anders lässt sich die von der Automobilindustrie vorgegebene „Null Fehler Strategie“ kaum realisieren. Da dies z.B. im abgeschlossenen Ofen nicht sofort erfolgen kann, müssen betroffene Chargen in der elektronischen Chargenverfolgung markiert und an einer geeigneten Stelle ausgeschleust werden. Alarmbearbeitung und elektronische Chargenverfolgung müssen hierzu in sinnvoller Weise verknüpft werden. Störungsmeldungen sollten daher neben Prioritäten auch einem Störungsort zugeordnet werden können [12].

Bild 2 zeigt das Störungsarchiv eines modernen Prozessleitsystems. Jede Störungsmeldung beinhaltet Datum, Uhrzeit, die Anlage, den Störungsort in der Anlage, die Priorität und den Meldetext.

Störung ist nicht gleich Störung! Ausmaß und Auswirkung können unterschiedlich sein. Störungsmeldungen sollten daher kommentierbar sein, damit die Auswirkungen später nachvollzogen werden können.

Störungsmeldungen müssen regelmäßig überprüft und die Prüfung dokumentiert werden [5]. Für sehr wichtige Störungsmeldungen (z. B. Übertemperatur, Untertemperatur, Not-Stopp) sollte möglichst eine Selbstüberprüfung vorgesehen sein.

Prozess Monitoring Instruktionen

Aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen können meist nicht alle potenziellen Fehlerursachen automatisch erkannt und gemeldet werden. Diese po-

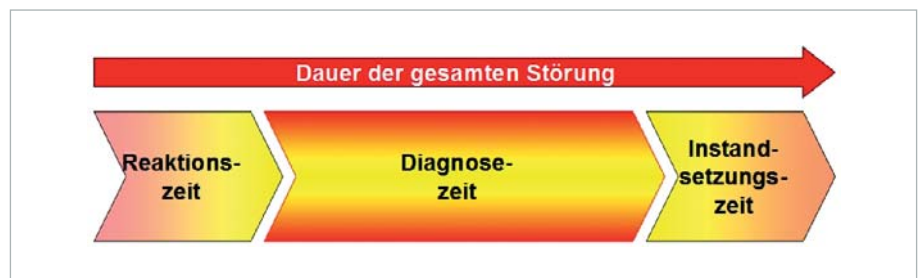


Bild 3: Zeitanteile zur Beseitigung einer Störung

Fig. 3: Time units required for elimination of a fault

tenziellen Fehlerursachen ohne überwachende Sensorik müssen vom Bediener entsprechend der Prozess Monitoring Instruktionen überprüft und dokumentiert werden.

Der Bediener beobachtet den Prozess entsprechend seiner Erfahrung. Dabei kann er den Prozess nur sehr eingeschränkt visuell beobachten. Je mehr heutige Wärmebehandlungsanlagen automatisiert sind, desto weniger kann er unmittelbar beobachten, riechen oder hören. Letztlich sind daher nur durch Messungen Rückschlüsse auf Abweichungen im Prozess zu ziehen.

Typische Messungen, die zur Vermeidung potenzieller Fehlerursachen notwendig sind, sind z. B. die Folienprobe für den C-Pegelabgleich oder Temperaturvergleichsmessungen mit einem geprüften Thermoelement und anschließender Eingabe eines Offsets, wie im Kapitel Instandhaltung beschrieben.

Unterstützung durch Fehlerdiagnosesysteme

Ist die Anlage mit einem Fehlerdiagnosesystem ausgerüstet, kann sich die Dauer der Störung verkürzen, weil die Fehlersuche entfällt oder zumindest verkürzt werden kann [12].

Die Zeitanteile zur Beseitigung einer Störung sind in **Bild 3** dargestellt. Es wird deutlich, dass die benötigte Zeit zur Beseitigung einer Störung zu einem wesentlichen Teil aus der Diagnosezeit besteht.

Zur Information über den Diagnosestatus einzelner Anlagenbereiche oder Komponenten kann der Instandhalter, ausgehend vom Übersichtsbild, jeweils in das Diagnosebild der unterlagerte Hardwareebene wechseln. Wird im Übersichtsbild eine Störung signalisiert, gelangt er schnell zum Diagnose-Baustein der betroffenen Komponente.

Es ist wichtig, Störungsursachen möglichst rasch zu diagnostizieren und zu beseitigen, weil mit der Störungsdauer oft auch die Auswirkung auf den Prozess und das Wärmebehandlungsprodukt zunimmt [12].

Störungsstatistiken

Voraussetzung für eine erfolgreiche Null Fehler Strategie ist die Vermeidung von systematischen Fehlern bzw. Schwachstellen. Fehler dürfen nicht als etwas Normales, Unvermeidliches angesehen

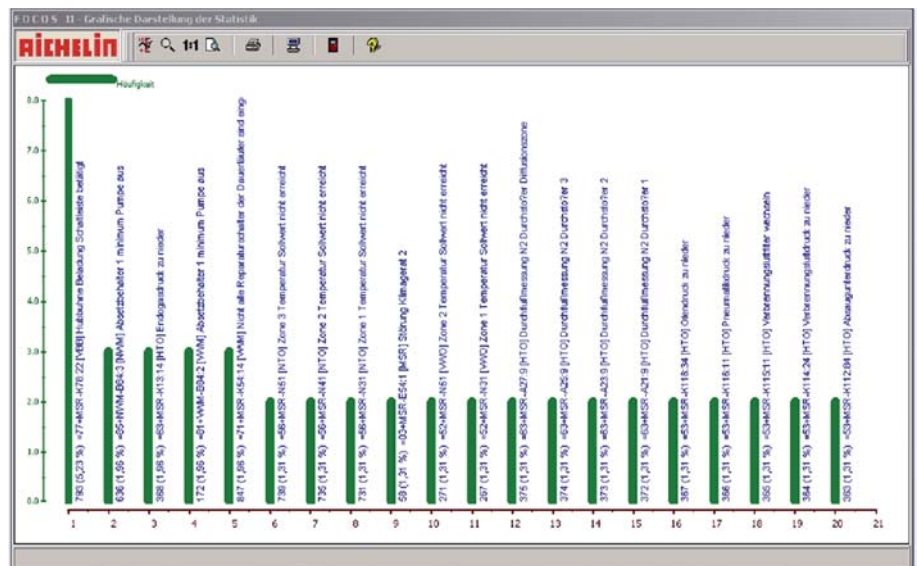


Bild 4: Störungsstatistik

Fig. 4: Error statistics

werden. Systematische Fehler müssen dauerhaft abgestellt werden. Statistische Auswertungen können hierbei sehr hilfreich sein.

Störungsstatistiken enthalten Informationen über Art, Dauer, Häufigkeit und Ursache von Störungen. Störungsstatistiken sind ein gutes Werkzeug zur Erkennung von Schwachstellen. Störungsstatistiken können auch genutzt werden, um den Informationsumfang von Betriebsmitteln oder Komponenten zu erhöhen. So können der Umfang und der Zeitpunkt von Instandhaltungsmaßnahmen beispielsweise auch an der Störungshäufigkeit oder an der Störungsdauer orientiert werden [13].

Bild 4 zeigt eine Störungsstatistik. Störungen können sowohl nach Häufigkeit wie auch nach Dauer ausgewertet werden.

Die Ursachen chronischer Fehler können mit Hilfe der Statistik lokalisiert und in Folge nachhaltig behoben werden. Wartungs- und Reparaturzeiten werden dadurch minimiert, was dann auch zu einer höheren Auslastung und besserer Verfügbarkeit führt.

Vermischungsfreiheit

Die unkontrollierte Vermischung von fehlerhaften Produkten oder unterschiedlichen Losen muss unter allen Umständen vermieden werden [1, 3].

Die Chargenverfolgung, insbesondere die Verfolgung von Chargenanfang und Chargenende, erfolgt heute rein elektro-

nisch über die SPS. Die elektronische Chargenverfolgung arbeitet sehr präzise, so dass bei einem Chargenwechsel die Trennlücke kurz gehalten werden kann und somit Umstellzeiten stark reduziert werden konnten [13].

Kontinuierliche Wärmebehandlungsanlagen, insbesondere Bandöfen zum Vergüten von Befestigungsteilen, enthalten aber Bereiche, die bauartbedingt ein Risiko der Teilevermischung bergen. Beispiele hierfür sind nicht zwangsgeführte Teiletransporteinrichtungen, speziell Vibrationsförderer oder Materialbunker.

Die Überwachung solcher Bereiche bei einem Produktwechsel ist zwingend vorgeschrieben [5]. Quittiertaster am Aufgabebunker und an allen Übergängen sind eine optionale Maßnahme, die einen automatisierten Produktwechsel zusätzlich absichern. Die Freigabe der Quittiertaster erfolgt in Abhängigkeit von der elektronischen Chargenverfolgung. D. h. erst nachdem die Trennlücke an einem vermischungsgefährdenden Übergang angekommen ist, kann eine Quittierung erfolgen. Bei Vibrationsförderern wird zusätzlich auf erhöhte Förderleistung zur Sortentrennung geschaltet.

Rückverfolgbarkeit von Produkten

Wärmebehandelte Teile für die Automobilindustrie sind meist dokumentationspflichtig. Die Dokumentationspflicht gilt beispielsweise für alle Teile die einen maßgeblichen Einfluss auf die Fahrzeugsicherheit oder auf die Einhaltung ge-

MICHELIN FOCOS II Wärmebehandlungsnachweis			
Auftragsnummer	:		
Teilenummer	:		
Bezeichnung	:	10X120	
Werkstoff	:	17 Mn 5	
Produktions-Beginn	:	16-06-2008 06:04	Anlage : 1 VIM Fasteners
Produktions-Ende	:	16-06-2008 10:47	
Umstellzeit	:	100 [Min]	
Gewicht	:	VWM: 33854, [kg]	
Durchsatzleistung	:	Soll: 800 [kg/h]	
SOH-Härte	:	von 268,0 bis 287,0 [HRC]	
HTO-Rezept	:	2	NTO-Rezept: 2
		Sollwert	Istwert
		Min	Max
		-TOL	+TOL
Waage	Taktzeit [Sek]	000	
	Einwaage [kg]	19 18,5 19	0 0 15,0 15,0
Härteofen	Temperatur Zone 1.1 [°C]	871 871 871	851 891 870 872
	Temperatur Zone 1.2 [°C]	871 871 871	851 891 870 872
	Temperatur Zone 2 [°C]	872 872 872	852 892 871 873
	Temperatur Zone 3 [°C]	873 873 873	853 893 872 874
	Temperatur Zone 4 [°C]	874 874 874	854 894 873 875
	Lambda-Sonde HTO [mV]	1000 1000 1000	65 65 1079 1061
	Durchlaufzeit [Min]	61	58 65 6 6
Härtebad	Temperatur [°C]	40 40 40	35 45 39 41
Anlassofen	Temperatur Zone 1 [°C]	641 641 641	21 22 484 642
	Temperatur Zone 2 [°C]	642 642 642	23 24 482 643
	Temperatur Zone 3 [°C]	643 643 643	25 26 527 644
	Durchlaufzeit [Min]	91	10 85 11 11
Emulsionsbad	Temperatur [°C]	45 45 45	3 12 44 46
Anlagenteil	Prod.-Beginn	Prod.-Ende	Dauer [Min]
Beladung VWM	16-06-2008 08:19	16-06-2008 12:04	225
Vorwaschmaschine	16-06-2008 08:19	16-06-2008 12:05	226
HTO Zone 1	16-06-2008 08:22	16-06-2008 12:14	232
HTO Zone 2	16-06-2008 08:25	16-06-2008 12:15	238
HTO Zone 3	16-06-2008 08:26	16-06-2008 12:16	238
HTO Zone 4	16-06-2008 08:27	16-06-2008 12:17	238
Härtebad	16-06-2008 08:29	16-06-2008 12:27	238
Zwischenwaschmaschine	16-06-2008 08:38	16-06-2008 12:28	238
NTO Zone 1	16-06-2008 08:38	16-06-2008 12:33	235
NTO Zone 2	16-06-2008 08:42	16-06-2008 12:37	235
NTO Zone 3	16-06-2008 08:46	16-06-2008 12:40	234
Emulsionsbad	16-06-2008 08:49	16-06-2008 12:47	238

Bild 5: Wärmebehandlungsnachweis
Fig. 5: Heat treatment proof protocol

Dauer in den einzelnen Behandlungszo- nen), sowie die Sollwerte und Istwerte dargestellt werden. Sofern qualitätsrelevante Störungen aufgetreten sind, werden diese ebenfalls im WBN aufgeführt.

Aufzeichnungspflichtige Merkmale werden von der Automobilindustrie vor- geschrieben, z. B. im VDA Band 1 „Nach- weisführung“ [2]. Bei Thermoprozessan- lagen sind diese prozessabsichernden Aufzeichnungen meist die Parameter der Ofenatmosphäre, also Temperaturen, C- Pegel und Verweilzeiten [5], aber auch Taktzeiten und Einwaagen.

Die Nachweisführung schließt eine Lang- zeitarchivierung der Wärmebehand- lungsnachweise mit ein. In der Regel werden Aufbewahrungsfristen explizit vereinbart. Wärmebehandlungsnachweise müssen dann häufig 15 Jahre aufbe- wahrt werden.

Trendanzeigen

Es ist natürlich und unausweichlich, dass ein Produktionsprozess nicht immer gleich abläuft, sondern innerhalb der To- leranzgrenzen variiert. Kontinuierliche Istwertaufzeichnungen sind daher zwin- gend erforderlich [5, 3].

Fortlaufende Trendanzeigen wichtiger Prozessparameter, wie beispielsweise der in **Bild 6** dargestellte Temperatur- oder C-Pegelverlauf in einer Mehrzweckkam-

setzlicher Vorgaben haben. Diese Teile müssen Rückverfolgbar² sein.

Die Kennzeichnung und Rückverfolgbar- keit von Produkten ist eine zentrale For- derung der Automobilindustrie [3]! Durch ein geeignetes System muss si- chergestellt werden, dass im Bedarfsfall die Qualitätsdokumentation den Teilen zugeordnet werden kann. Die Nachweis- führung muss so beschaffen sein, dass im Schadensfall die geübte Sorgfalt nachgewiesen werden kann (Entlas- tungsnachweis).

Die Wärmebehandlung muss dazu in rückverfolgbaren Losen erfolgen. Für jedes Los muss ein Nachweis geführt werden, der mit allen relevanten Infor- mationen verknüpft wird. Die Rückver- folgbarkeit ist dabei so zu gestalten, dass eine eindeutige Zuordnung zu den Ferti- gungs- und Prüflosen gewährleistet ist [5]. Dieser Forderung kommt der Wär- mebehandlungsnachweis (WBN), wie in **Bild 5** dargestellt, nach. Der WBN ist ein

zusammenfassendes Dokument, in dem sowohl die Auftragsdaten (Auftrags- nummer, Teilenummer, ...), der Wärme- behandlungszeitraum (Beginn, Ende und

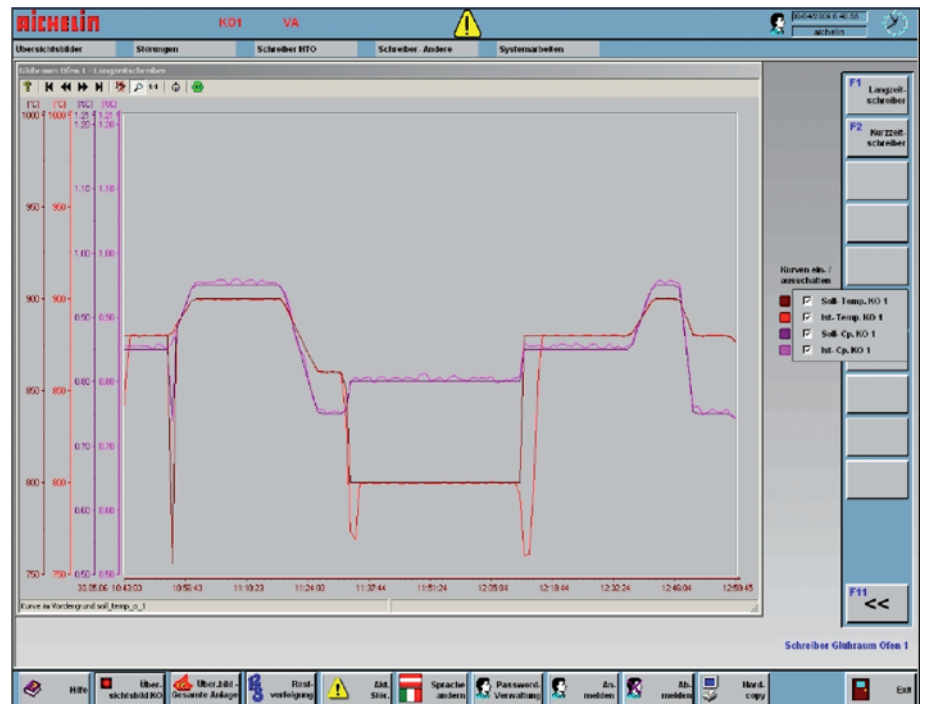


Bild 6: Trendanzeige (Schreiber)
Fig. 6: Variables recording

² Rückverfolgbarkeit (englisch: Traceability) be- deutet, dass zu einem Produkt jederzeit festge- stellt werden kann, wann, wo und durch wen die Ware gewonnen, hergestellt, verarbeitet, gelagert, transportiert, verbraucht oder entsorgt wurde.

merofenanlage, können wichtige Informationen liefern [5]. Die regelmäßige Prüfung der Datenaufzeichnung muss dokumentiert werden, wobei diese in der CQI-9 [5] explizit aufgeführte Forderung ausdrücklich auch für Computerdaten gilt.

Ziel der Trendanzeigen ist es, die wichtigen Kenngrößen eines Prozesses zu verfolgen, damit Abweichungen so rechtzeitig wie möglich erkannt werden und so bereits vor der Entstehung fehlerhafter Produkte geeignete Korrekturmaßnahmen ergriffen werden können.

Die Trendanzeige ermöglicht dann auch die Berechnung abgeleiteter Prozessfähigkeitskennwerte (z. B. die „Prozessfähigkeit“ der Temperaturregelung), und im Weiteren die statistische Prozessregelung (SPC) wichtiger Prozessparameter. Die Wirkung einer Prozessveränderung wird dabei erkennbar, bevor sich diese am Produkt auswirkt. Die SPC kann sicherstellen, dass die natürliche Varianz innerhalb des Produktionsprozesses keine Prozessveränderung verdeckt, die ein fehlerhaftes Produkt zur Folge haben kann [11].

Maschinendaten-Erfassung (Machine Data Acquisition MDA)

Die Maschinendaten-Erfassung dient der Leistungsüberwachung. Maschinendaten geben Auskunft über den Einsatz und die Effektivität einer Anlage. Die einfachste Art der Maschinendaten-Erfassung sind Betriebsstunden- und Betriebszyklenzähler, z. B. die Betriebszeit der Beheizung oder der Taktzyklen [12].

In automatisierten Thermoprozessanlagen werden darüber hinaus auch Auftragsdaten übertragen und verarbeitet. Die Auftragsdaten können vom vorgelagerten ERP- oder PPS-System übernommen und Fortschrittmeldungen an dieses zurückgegeben werden. Damit erhalten die Betreiber aussagekräftige Produktionskennzahlen wie Auslastung, Durchsatzleistung, Umstellzeiten, Verfügbarkeit und Gesamteffizienz. Anhand dieser Informationen lassen sich organisatorische und technische Schwachstellen, wie etwa Engpässe im Materialfluss, schneller diagnostizieren.

Bisher werden Maschinendaten nur von sehr wenigen Unternehmen im Kontext der Instandhaltung weiter verarbeitet. Ohne Bezug auf die Maschinendaten, insbesondere Betriebsstunden oder Betriebszyklen, ist eine vorbeugende peri-

odische Instandhaltung jedoch schlicht unsinnig [12].

Vorbeugende Instandhaltung

Zur Sicherstellung der Lieferfähigkeit wird von der Automobilindustrie grundsätzlich ein System der vorbeugenden Instandhaltung von Fertigungseinrichtungen vorgeschrieben [5]. Streng genommen muss die Instandhaltungsstrategie für jedes einzelne Betriebsmittel bzw. für jede einzelne Funktionsgruppe, zumindest aber von allen Prozess relevanten Betriebsmitteln überlegt werden. Dieses System, Programm oder die organisatorische Vorgehensweise soll systematisch und nachvollziehbar sein. Der Instandhaltungsplan soll die Wartungsintervalle und die Wartungsumfänge enthalten. Dabei sind in der Vergangenheit aufgetretene Störungen und Schäden zu berücksichtigen [5].

Funktionsbezogener, instandhaltungsgerechter Aufbau

Nicht jede Funktionsgruppe hat den gleichen betriebsbedingten Verschleiß wie die anderen Gruppen. Ein funktionsbezogener modularer Aufbau liegt daher auf der Hand. Dies gilt sowohl für die Mechanik als auch für die Automatisierungstechnik. Beispielsweise ermöglicht die Modulbauweise, die Betriebsmittel der Automatisierungstechnik im Schaltschrank nach Funktionen zu strukturieren. Bei einer vorbeugenden Instandhaltung können die Betriebsmittel dieser Funktionsgruppe einfach lokalisiert und ausgewechselt werden [12].

Überwachung und Kalibrierung von Thermoelementen

Besonderes Augenmerk muss auf die vorbeugende Instandhaltung von Sensoren, z. B. Thermoelemente und C-Pegelsensoren gelegt werden [9].

Der Zustand, die Kalibrierung und die Funktionstüchtigkeit von Thermoelementen müssen regelmäßig überprüft werden [5]. Sollte bei einer Temperaturmessung nicht automatisch eine Vergleichsmessung (zur Verifizierung der Messung) durchgeführt werden, muss eine Vergleichsmessung manuell durchgeführt und dokumentiert werden. Bei der Vergleichsmessung eingebauter Messmittel wird die Differenz zwischen dem geprüften Instrument und einem Kalibrierinstrument ermittelt [8]. Wichtig ist, dass die beobachtete Differenz inner-

halb der vorgeschriebenen Toleranzen liegt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass alle erdenklichen Fehler, wie Linearisierung, Ausgleichsleitung, Vergleichstellentemperatur und ggf. Drift, berücksichtigt werden. Wenn der gemessene Wert abweicht, kann durch Offsets die auf die Kalibriermessung bezogene Drift abgeglichen werden.

Bedienungshandbuch

Für den Thermoprozess muss ein Bedienungshandbuch vorhanden sein. Das Bedienungshandbuch muss den Mitarbeitern in der Wärmebehandlung zugänglich sein und den gesamten Wärmebehandlungsprozess, insbesondere der Vorgehensweise für potenzielle Notfälle, beschreiben [5]. Das Suchen und Finden von Informationen soll möglichst einfach sein.

Es liegt daher nahe, die Bedienungsanleitung in das elektronische Bedien- und Beobachtungssystem der Thermoprozessanlage zu integrieren. Schon die Standardfunktionen der meisten Textprogramme ermöglichen eine komfortable Navigation beim Suchen und Finden von Textstellen in umfangreichen Handbüchern.

An dieser Stelle soll nicht unerwähnt bleiben, dass die CQI-9 eine adäquate Beschreibung der Notfallstrategien als wesentliches Element eines Qualitätsmanagementsystems betrachtet.

Modernisierung vorhandener Thermoprozessanlagen

Was tun, wenn eine vorhandene Thermoprozessanlage in einem oder mehreren Punkten nicht den Anforderungen der Automobilindustrie entspricht?

Für alle Unternehmen, die den Wert ihrer Thermoprozessanlage erhalten wollen, wird eine Modernisierung des Automatisierungssystems irgendwann unvermeidlich. Prinzipiell kann jede Altanlage auf das Niveau einer CQI-9 konformen Neuanlage aufgerüstet werden. Dies ist nur eine Frage der Kosten und damit der Wirtschaftlichkeit. Die Migration vorhandener SIMATIC S5 zur SIMATIC S7-Technologie steht hierbei im Zentrum der Modernisierung [14].

Neben einer Steigerung der Verfügbarkeit und der Werterhaltung einer Thermoprozessanlage bringt eine Modernisierung der Steuerung zahlreiche weitere technische und wirtschaftliche Vorteile.

Zum Beispiel den Zugang zu einem breiteren Angebot von integrierten Automatisierungsfunktionen, die Integration der Steuerung in Netzwerke, z. B. für die automatische Übernahme von Produktionsdaten von einem Fertigungsleitnehmer, oder die Einbindung weiterer Funktionen wie Visualisierung und Datenarchivierung [14].

Beispiele für CQI-9 konforme Modernisierungen sind eine elektronische Chargenverfolgung zur Rückverfolgung von Produkten, Teile- und Rezeptdatenbanken, übersichtliche Bedienung und Überwachung, Maßnahmen zur Qualitätssicherung wie der Wärmebehandlungsnachweis oder aber Leistungssteigerungen durch Automatisierung von bisher manuellen Abläufen. Ein weiterer oft nachgefragter Grund für eine Modernisierung ist die Herstellung der Teleservicefähigkeit und erweiterte Diagnosemöglichkeiten.

Für Modernisierungen gibt es allerdings spezielle Randbedingungen, die beachtet werden müssen. Zu diesen zählen vor allem, dass die Stillstandszeiten während des Umbaus minimiert werden müssen, da die Thermoprozessanlage nur ein Glied in einer ganzen Kette von Kapital- und kostenintensiven Produktionsanlagen ist. Die Planung und Vorbereitung umfangreicher CQI-9 konformer Modernisierungen erfordern ein hohes Maß an

Präzision und Erfahrung. Nur so sind komplexe Modernisierungen mit nur wenigen Tagen Produktionsausfall sicher zu bewerkstelligen.

Literatur

- [1] DIN EN ISO 9000:2000: Qualitätsmanagementsysteme Grundlagen und Begriffe. Beuth, Berlin, 2000
- [2] VDA: Band 6 Teil 1, QM-Systemaudit, 2003)
- [3] ISO/TS 19949:2002: Quality management systems - Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations, ISO, 2002
- [4] DIN EN ISO 9001:2000: Qualitätsmanagementsysteme Anforderungen. Beuth, Berlin, 2000
- [5] AIAG: CQI-9 Special Process: Heat Treat System Assessment. AIAG, 2006
- [6] Steck-Winter, H.; Bachem, H.: Konzept und Realisierung einer automatischen Härtere, HTM 45, 3/90, Carl Hanser Verlag, 1990
- [7] Sommer, P.: Prozessfähigkeitsbewertung beim Einsatzhärten. Z. Werkstoff. Wärmebeh. Fertigung 59 (2004) 3 Seite 211–216
- [8] Sommer, P.; Huchel, U; Klümper-Westkamp, H.: Prozessfähigkeit beim Nitrieren / Nitrocarburieren. Der Wärmebehandlungsmarkt 2/2005
- [9] DIN 17052: Wärmebehandlungsöfen – Teil 1: Anforderungen an die Temperaturgleichmäßigkeit. Beuth Verlag Berlin, 2000
- [10] Ford Motor Company: Worldwide Heat Treat System Survey and Scoring Guidelines. Ford Global Technologies Inc., 2000

- [11] Pliefke, R.; Steck-Winter, H.; Wildauer, H.: Automatisierte online Qualitätssicherung. HTM Härtere-Techn. Mitt. 46, 1991
- [12] Steck-Winter, H.: Integratives Instandhaltungsmanagement von Thermoprozessanlagen. Gaswärme International, Jahrgang 7-8-2008, Seite 519-526, Vulkan Verlag Essen, 2008
- [13] Steck-Winter, H.; Unger, G.: Steuern, Regeln, Überwachen und Visualisieren von Ofenanlagen. In Praxishandbuch Thermoprozesstechnik, S. 347–349, Vulkan Verlag, 2003
- [14] Steck-Winter, H.: Modernisierung der Steuerung von Thermoprozessanlagen. Gaswärme International, Jahrgang 4-2008, Seite 232–236, Vulkan Verlag Essen, 2008 ■

MSc Hartmut Steck-Winter, MBA

Aichelin Service GmbH,
Ludwigsburg

Tel. 07141 6437 103

E-Mail:
hartmut.steck-winter@
aichelin.com



Ing. Günther Unger

Aichelin Ges.m.b.H, Mödling

Tel. +43 2236 23646 275

E-Mail:
guenther.unger@aichelin.com

