

Prozeßüberwachung zur Steigerung von Anlagenverfügbarkeit und Lackierqualität

1. Einleitung

„Auf dem Weg zur produktivsten Lackiererei“ gibt es viele unterschiedliche Lösungsansätze. Außer neuen optischen Anforderungen an die Karosserioberfläche und neuen Lackmaterialien stehen die Senkung von Betriebs- bzw. Fertigungskosten im Mittelpunkt aller Anstrengungen. Erreicht wird dies zum Beispiel mit neuen Fertigungskonzepten, wie dem integrierten Lackierkonzept und Pulverslurry in Rastatt, aber auch mit neuen Diagnose- und Analysemethoden, die helfen, die Verfügbarkeit und die Qualität der Lackierung zu erhöhen.

Leider sind Analyse und Optimierung des Lackierprozesses mit bisherigen Methoden keine triviale Aufgabe. Bild 2 zeigt die grundsätzlichen Einflußfaktoren auf Verfügbarkeit und Lackierqualität. Schwierigkeiten entstehen, wenn man wissen will, wie sich das Lackierergebnis verbessert, wenn der Anlagenbetreiber einzelne Applikationsparameter ändert. Bild 3 zeigt die enorme Komplexität der Parameterabhängigkeiten. Die Änderung eines einzigen Parameters hat gleichzeitigen Einfluß auf mehrere optische Oberflächeneigenschaften. Außer Parameteränderungen können auch geringe Regelabweichungen von technischen Komponenten den gleichen negativen Einfluß auf die Lackierqualität haben.

Diese Komplexität erschwert dem Anlagenbetreiber die Aufrechterhaltung seiner Fertigungsqualität und dem Instandhalter die schnelle Beseitigung von Störungen. Meistens fehlt dem Management auch die notwendige Transparenz seiner Lackierung, um auf Produktionseinbrüche angemessen reagieren zu können.

Zur Erhöhung und dauerhaften Gewährleistung der Lackierqualität und der Anlagenverfügbarkeit läuft bei DaimlerChrysler das Entwicklungsprojekt **QUASAR** (**Q**uality **A**nalyzing **S**ystem with **A**utomatic **R**egulation). In diesem Projekt kooperieren die DaimlerChrysler Bereiche Oberfläche, Verfahrensentwicklung in Sindelfingen und Konzernforschung in Ulm mit dem Systemhaus Prodatas in Böblingen, dem Forschungszentrum für Informatik in Karlsruhe, der Fraunhofer-Gesellschaft in Stuttgart sowie diversen anderen Hochschulen und Instituten.

Das System Quasar umfaßt als gesamtheitliches System eine Vielzahl einzelner, selbständiger Teilsysteme. Sie dienen der Diagnose, Optimierung, Überwachung und zukünftig auch der Regelung von Prozeßparametern (Bild 4). PRIMAS, AQUA, SAFIR, OPAL und TOPAS sollen in diesem Beitrag kurz vorgestellt werden. Alle IT-Komponenten können, soweit sie bereits für die Öffentlichkeit freigegeben sind, über die Fa. Prodatas in Böblingen bezogen werden.

2. PRIMAS: System zur Prozeßdatenerfassung und –visualisierung

Wie bei allen Systemen hoher Komplexität steht am Anfang aller Bemühungen zur Schaffung von Transparenz und Eingriffsmöglichkeiten die Erfassung von Daten. Dabei müssen alle für den Fertigungsablauf und den Prozeß wichtigen Parameter, Daten und Fakten aufgenommen werden. Es reicht leider nicht aus, die Soll-daten, die in den Lackiersteuerungen vorhanden sind, auszuwerten. Vielmehr ist es notwendig, die wirklichen Istwerte von allen lackierrelevanten Daten und die vorhandenen Sensorwerte in Echtzeit zu erfassen.

Bild 5 zeigt, wie alle diese Meßwerte zentral vom Prozeßdatenerfassungssystem PRIMAS aufgenommen werden. Zusätzlich sieht man, daß natürlich auch das Ergebnis, die erreichte Lackierqualität, gemessen und erfaßt wird. In einer typischen Lackierung handelt es sich insgesamt um die Signale von ca. 100 Sensoren, 300 Reglern und 4000 Ventilen pro Lackieranlage. Ein großer Anteil davon muß mit hoher zeitlichen Auflösung (<10 Millisekunden) abgetastet werden.

Die wichtigsten Visualisierungs- und Analysetools in PRIMAS, die gemeinsam mit Anlagenbetreibern und Instandhaltern entwickelt wurden, sind:

- Freier Zugriff auf Datensätze jeder einzelnen Karosserie und Maschine
- Diagnosebilder in Form von x/t – Grafiken zur Fehleranalyse
- Tools zur Vordefinition von Diagnosebildern für Standardstörungen
- Soll-/Istvergleichsbilder sowie Symmetrie- und Referenzvergleiche
- Bilder für Bus- und Schnittstellendiagnose
- Anlagenbezogene Visualisierung als nachträgliche Prozeßvisualisierung mit gekoppelter x/t -Grafik (Bild 5 unten)
- Einbindung von Videoaufzeichnungen

Mit diesen Werkzeugen sind Anlagenführer und Instandhalter jederzeit in der Lage, sowohl einfache Störungen als auch komplexe Fehler auf direkte und schnelle Weise zu analysieren und die Fehlerquellen eindeutig zu lokalisieren.

PRIMAS bildet zusammen mit AQUA die Datengrundlage für die QUASAR-Tools OPAL, KARAT, SAFIR, TOPAS und RUBIN.

3. AQUA: System zur automatischen Qualitätsanalyse in der Lackierung

Die Qualitätskontrolle in der Lackierung ist ein sehr aufwendiger Prozeßschritt. Bisher konnte die Kontrolle ausschließlich manuell durchgeführt werden. Dabei war in der Vergangenheit das menschliche Beurteilungsvermögen der einzige Qualitätsmaßstab, der tages- und mitarbeiterabhängigen Schwankungen unterworfen war.

In den letzten Jahren hat DaimlerChrysler jedoch gemeinsam mit Geräteherstellern Meßmethoden entwickelt, die es ermöglichen, Schichtdicke, Verlauf und Farbton zuverlässig und reproduzierbar zu vermessen. Dadurch erhielten die

Qualitätskontrolleure objektive Methoden, um ihre visuellen Beurteilungen durch genormte Verfahren zu quantifizieren und stichprobenweise Karossen auf speziellen Auditplätzen zu untersuchen. 1999 gelang es, diese Meßgeräte so mit Handlingsrobotern zu „verheiraten“, daß sich die Qualitätskontrolle für ausgewählte Karosserie-Punkte in einem Testaufbau im DaimlerChrysler-Werk Sindelfingen mechanisieren ließ (Bild 7).

Die Meßergebnisse werden sowohl in Form von Tabellen als auch in einer Falschfarbendarstellung der Karosserieoberfläche dargestellt. Die Daten werden direkt zum System Primas weitergeleitet, wo sie erfaßt und über die Produktionsnummern automatisch den Meßdaten des Lackierprozesses zugeordnet werden. So können Fehler oder langsame Veränderungen frühzeitig automatisch erkannt werden.

Zusammengefaßt bietet AQUA folgende Vorteile:

- Absolute Qualitätsdaten durch Standardmeßverfahren
- Automatische Meßdatenaufnahme durch Industrieroboter
- Reproduzierbarkeit durch exakte Meßpunktfestlegung
- Flexibilität durch verschiedene Roboterprogramme

AQUA bildet zusammen mit PRIMAS die Datengrundlage für die QUASAR-Tools OPAL, KARAT, SAFIR, TOPAS und RUBIN.

4. SAFIR: System zur Visualisierung von Managementdaten

Gerade in großen Lackierereien reicht es dem Management oft nicht aus, daß Verfügbarkeits- oder Qualitätseinbrüche mit Hilfe von PRIMAS schnell behoben werden. Die Führungsebene benötigt permanent aktuelle Zahlen, Daten, Fakten über den Zustand ihrer Lackierung, um ihre Entscheidungen fundiert treffen zu können. Dabei kann es sich um aktuelle Entscheidungen wie notwendige Sonderschichten, Ablaufänderungen aufgrund von hohem Reparaturaufkommen oder um langfristige Maßnahmen wie Lieferantenwechsel aufgrund von Qualitätsmängeln handeln. Auch Kostenplanungen aufgrund von Verbrauchsmengen spielen eine große Rolle.

SAFIR verarbeitet die PRIMAS- und AQUA-Informationen mit Hilfe von Datenbanken zu technischen Reports, die innerhalb eines Lackierwerkes zum Beispiel über Intranet mit jedem normalen PC angezeigt und ausgewertet werden können. Zur Bedienung ist auf diesen PC keine spezielle Software nötig, da Standardbrowser wie der Internet Explorer völlig ausreichen.

Beispiele solcher Reports sind:

- Verfügbarkeits-/Nutzungsgradanalysen der einzelnen Gewerke
- Störungs- und Fehlerschwerpunktsanalysen (siehe Bild 6)
- Qualitätsanalysen wie z. B. Geradeauslauf/Reparatur-/Beispritzaufkom. (Bild 8)
- Lackverbrauchswerte einzelner Karosstypen/Farben usw.
- Karossenlebensläufe

5. OPAL : Optimierungs- und Analysesystem für Fertigungsanlagen

Mit OPAL wurde ein Werkzeug entwickelt, das in der Lage ist, aus den vielen tausend Meßwerten von PRIMAS und AQUA wenige Prozeß-Kennwerte zu erzeugen, die einfach zu interpretieren sind und mit deren Hilfe sich Prozeßparameter so verändern lassen, daß sich die Qualität der Lackierung in die gewünschte Richtung verändert. Durch die automatische und gezielte Datenselektion Karossen gleichen Typs und Farbe sowie ausgewählter Zerstäuber (Bild 9) lassen sich für jede Karossteilfläche (Bild 10) gekoppelte Prozeß- und Qualitätskennwerte zur Prozeßbeeinflussung erzeugen.

Ein einfaches Beispiel für die Qualitätsanalyse und –optimierung soll an Hand einer Pneumatikzerstäubung (Bild 11) erklärt werden. Die Schaubilder zeigen berechnete OPAL-Kennwerte, die automatisch aus der Auswertung von ca. 100 Karossen an unterschiedlichen Stellen der Oberfläche erzeugt wurden. Man erkennt deutlich, wie sich für diese (ausgewählte) Farbe der Helligkeitskennwert mit steigendem Zerstäuberluft- und sinkendem Hornluftkennwert erhöht. Auch erkennt man die Abhängigkeit von der Lackviskosität. Man beachte aber auch die starke statistische Schwankungsbreite und die Tatsache, daß die Diagramme farbtionspezifisch sind. Dies macht deutlich, warum Eingriffe in den Lackierprozeß aufgrund von Einzelmessungen der Qualitätskontrolle verboten werden müssen und wieso es notwendig ist, zur fundierten Parameteränderung ein Instrument wie OPAL zu verwenden.

Durch die Verwendung von OPAL als Qualitätsanalyseinstrument lassen sich auch viele teure Technikumsversuche, wie sie bisher unverzichtbar waren, einsparen. So bestehen zum Beispiel alle drei Bilder aus je ca. 500 Meßpunkten, das heißt zur Erstellung solcher Bilder im Technikum wäre eine Unzahl von Versuchen notwendig, die aber in einer Produktionslinie quasi als Spin-Off-Effekt kostenlos erhältlich sind.

Zusammengefaßt bietet OPAL folgende Vorteile :

- Analyse von Qualitätsursachen und Einflußmöglichkeiten
- Hohe statistische Relevanz durch automatische Einbeziehung vieler Karossen
- Fundierte Grundlage durch Expertenwissen, Untersuchungen und Simulationen
- Überwachte Optimierung von Lackieranlagen
- Kostenloser Ersatz für viele Technikumsversuche

6. TOPAS : System für Teleservice und Online-Prozeßanalyse

TOPAS wurde für Betreiber von Fabriken entwickelt, die sich kein eigenes Expertenteam leisten können oder wollen. Dies betrifft hauptsächlich Auslandswerke großer Unternehmen, ist aber auch für mittelständische Firmen interessant, die auf Spezialisten von Steuerungs- oder Anlagenlieferanten zugreifen möchten.

Über Topas können Anlagenbetreiber und Instandhalter im Ausland direkt mit Spezialisten im Servicezentrum kommunizieren. Hilfsmittel sind dabei Mikrofon, Kopfhörer und Webkamera. Dadurch sieht und hört der Spezialist genau dasselbe

wie der Mann vor Ort, kann sich direkt mit ihm unterhalten und ihm so Anweisungen zur Instandhaltung oder Bedienung geben (Bild 12).

Genauso können auch alle PRIMAS- und AQUA-Daten der Auslandsfabrik für den Spezialisten im Servicezentrum freigeschaltet werden. Dadurch hat der Spezialist alle Prozeß- und Qualitätsinformationen, die er benötigt, um Fehler schnell und eindeutig zu lokalisieren.

Verbindungsmöglichkeiten sind Intra- und Internet oder ganz normale Modem- bzw. ISDN-Verbindungen.

Ein weiterer Vorteil von Topas ist die Unterstützung von Inbetriebnahmeteams durch die Entwickler und Planer der Zentrale. Auch Dokumentationen, die oft erst während der Inbetriebnahmephase erstellt werden, sind so jederzeit auf dem neuesten Stand abrufbar.

Zusammengefaßt bietet TOPAS folgende Vorteile:

- Direkte Online-Kommunikation von Anlagenbetreibern und Instandhaltern mit den Experten im Servicezentrum mittels Sprach- und Bildübertragung
- Freischaltung der PRIMAS-Daten für die Fehlersuche durch Experten
- Zugriff auf aktuelle Dokumentationen und neuestes Prozeßwissen
- Schnellstmögliche Expertenverfügbarkeit vor Ort
- Betreuung vieler Fabriken durch wenige Experten (Servicezentrum)
- Einsparung von Reisekosten

7. Zusammenfassung

Mit den Tools PRIMAS, AQUA, SAFIR, OPAL und TOPAS wurden wesentliche Hilfsmittel zur Steigerung der Verfügbarkeit und der Qualität in der Lackierung vorgestellt. Sie stellen einen bedeutenden Beitrag auf dem Weg zur produktivsten Lackiererei dar.