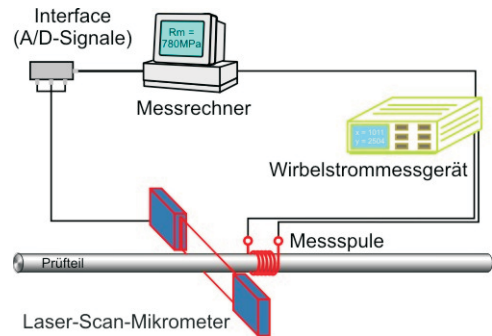


Bei 3R-TQC handelt es sich um ein vollautomatisches System zur zerstörungsfreien Messung der Materialeigenschaften. Die Grundidee ist, die streuenden Werkstoffeigenschaften mit der multi-frequenten Wirbelstrommessmethode zu erfassen und durch ein passendes mathematisches Modell mit den Qualitätsmerkmalen zu verbinden. Die Qualitätsmerkmale können beliebige Werkstoffeigenschaften sein, welche mit der Permeabilität und/oder Leitfähigkeit des Materials korrelieren. Es können z. B. mechanische Werkstoffeigenschaften wie Streckgrenze, Bruchfestigkeit, Bruchdehnung, Gleichmassdehnung, Härte usw. gemessen werden. Dadurch ist es möglich 100% des Materials vollautomatisch zu prüfen und die Materialeigenschaften zu protokollieren.

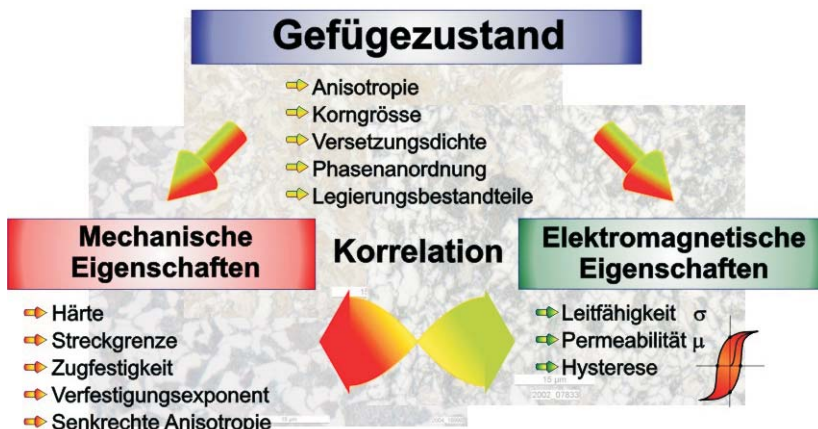
Das Messsystem besteht aus einer Messspule, dem Wirbelstrommessgerät, dem Messrechner und dem Interface für die analogen und digitalen Ein- und Ausgänge. Im Bild ist ein System zur Messung der mechanischen Eigenschaften von Stangen dargestellt. Zusätzlich wird noch der Durchmesser der Stangen mit einem Laser-Scan-Micrometer erfasst, um ihn bei Schwankungen als zusätzlichen Eingang in das Modell aufnehmen und kompensieren zu können.



Bei der On-line Kontrolle werden die mechanischen Werkstoffeigenschaften explizit aus den Wirbelstrommesswerten ermittelt, sie können dann zur späteren Verwendung auf dem Messrechner gespeichert, oder als Messprotokoll zum jeweiligen Teil ausgegeben und an den Kunden mitgeliefert werden.

Das 3R-TQC System wird mit Vorteil überall dort eingesetzt, wo die Eigenschaften eines Materials bekannt sein müssen, sei es um entweder nachfolgende Prozessschritte durchführen oder einem Kunden bestimmte Materialeigenschaften garantieren zu können. Wo bisher eine 100%-ige Eingangs- oder Ausgangskontrolle der Materialeigenschaften nicht möglich oder zu teuer war, ist dies nun dank 3R-TQC möglich. Einsatzgebiete sind die Prüfung der mechanischen Eigenschaften (Streckgrenze, Bruchgrenze, Gleichmassdehnung, Bruchdehnung, Härte,...) oder auch die Prüfung einzelner Gefügebestandteile eines Materials.

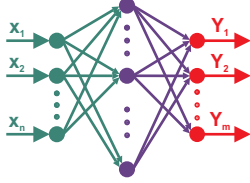
Es ist bekannt, dass der Gefügestand, die mechanischen Eigenschaften und die elektromagnetischen Eigenschaften zusammenhängen. Der Prüfgegenstand wird mit verschiedenen Prüffrequenzen angeregt. Die dazugehörigen Magnetfelder dringen dann entsprechend tief in das Material ein. Das Messsignal ist abhängig von den ferromagnetischen (Hysteresekurve) und elektrischen Eigenschaften des Prüfteils. Durch die multifrequente Prüfung bekommt man somit einen „Fingerabdruck“ des Prüfgegenstandes wodurch auch Werkstoffe mit sehr ähnlichen Eigenschaften unterschieden werden können.



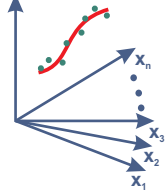
Der Gefügestand beeinflusst sowohl die mechanischen als auch die elektromagnetischen Eigenschaften. Die elektromagnetischen Eigenschaften des Materials können mit dem Wirbelstromsystem gemessen und über ein geeignetes Modell mit den, den jeweiligen mechanischen Eigenschaften entsprechenden Maschineneinstellungen, verknüpft werden.

Dieses Verfahren ist nicht nur auf Umformprozesse beschränkt sondern kann auch an andere Bearbeitungsprozesse wie z.B. Wärmebehandlungen angepasst werden. Dazu müssen die elektromagnetischen Eigenschaften des Ausgangsmaterials mit den, für den Bearbeitungsprozess wichtigen Eigenschaften korrelieren und kompensierbar sein. Einen entscheidenden Vorteil des Systems stellt die Tatsache dar, dass die Werkstoffeigenschaften vor dem Produktionsprozess gemessen werden.

Neuronale Netze



Multiple Regression

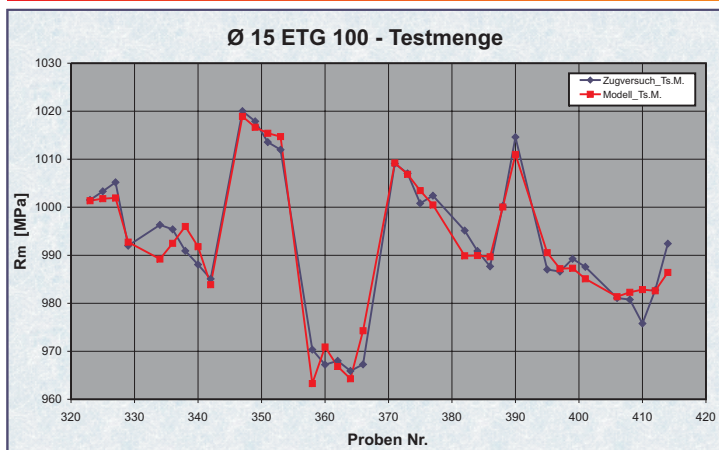


Die Ausgangssignale des Wirbelstromgeräts werden im Messrechner durch geeignete mathematische Modelle mit dem Gefüge, und dadurch mit den aktuellen Materialeigenschaften verknüpft. Mögliche Modelle sind Multiple Regressionsalgorithmen, Neuronale Netze, Genetische Algorithmen, ...

Um den Maschinenbediener weitestgehend zu entlasten und menschlichen Fehlern vorzubeugen wurde darauf geachtet, alle Funktionen des Systems zu automatisieren:

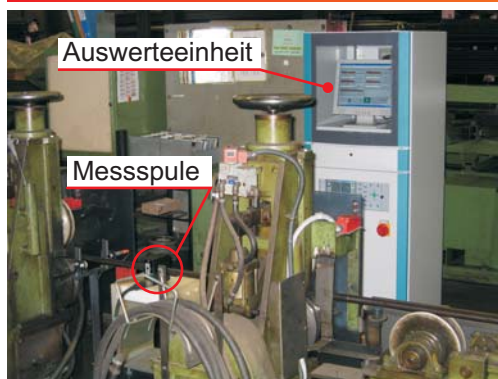
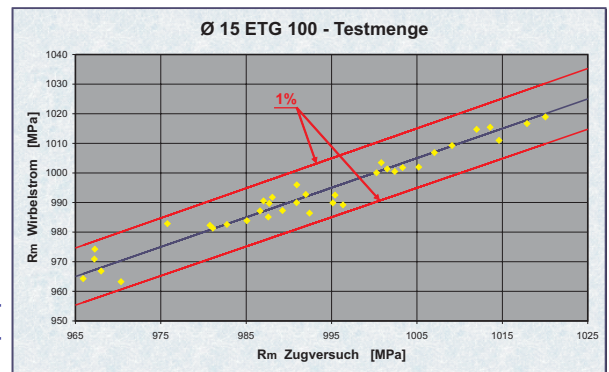
- Automatische Bestimmung der Messparameter - Es werden immer nur die besten Frequenzen verwendet
- Automatische Definition der Modellstruktur - Das optimale mathematische Modell wird verwendet
- Automatische Ermittlung der Modellkoeffizienten - Die Modellparameter werden optimiert
- Automatisches Training - Das Training läuft autonom und muss nicht überwacht werden
- Adaptive Kontrolle der Trainingsmenge - Daten, die das Modell verfälschen, werden aussortiert

Die Genauigkeit des Messsystems beträgt je nach Messwert 1% für die Bruchfestigkeit R_m bis 3% für die Gleichmassdehnung A_g . Die Genauigkeit ist abhängig von der Genauigkeit, mit der die Vergleichswerte für die Modellerstellung gemessen werden können.



Das obere Diagramm zeigt den Verlauf der Bruchfestigkeiten aus dem Zugversuch und der Wirbelstrommessmethode für die Proben der Testmenge.

Das untere Diagramm zeigt die Abweichung des Zusammenhangs zwischen den Bruchfestigkeitsmesswerten aus dem Zugversuch und der Wirbelstrommessmethode von der linearen Abhängigkeit für die Testmenge.



Die On-line Kontrolle wird z.B. für die Qualitätskontrolle bei Stangenmaterial eingesetzt. Projektpartner ist hierbei die Firma Steeltec AG in der Schweiz. Die Prüfspule ist in die Produktionslinie integriert, die Auswerteeinheit besteht im Wesentlichen aus dem Wirbelstromgerät und dem Messrechner, die in einen staubdichten, klimatisierten Schaltschrank eingebaut wurden. Bei dieser Anlage handelt es sich um einen Prototypen, weshalb im unteren Teil des Schaltschranks das Wirbelstromgerät freigelassen wurde, um etwaige Korrekturen zu ermöglichen.

Einige der Ziele beim Einsatz von 3R-TQC sind:

- Ausschussproduktion intern drastisch senken
- Reklamationen und Gutschriften massiv reduzieren
- engere Toleranzen der Qualitätsmerkmale des Fertigprodukts erreichen
- Nacharbeit, Umstellungs- und Einfahrtätigkeiten in den nachgeordneten Prozessketten minimieren
- kontinuierliche Endkontrolle der Qualitätsmerkmale sicherstellen und
- neue Marktsegmente erschliessen