

Informations- technik für Werkstoffe und Wärmebehandlung

Dr.-Ing. Peter Sommer, Klaus-Peter Eschert,
Philipp Sommer



Dr.-Ing. Peter Sommer



Klaus-Peter Escher



Philipp Sommer

Information Technology for Materials and Heat Treatment

Dr.-Ing. Peter Sommer, Klaus-Peter Eschert,
Philipp Sommer

Einleitung

Der Weg in eine Informationsgesellschaft ist auch in Fragen der Werkstofftechnik und Wärmebehandlung unweigerlich vorgezeichnet. Antworten auf Fragen werden in immer kürzeren Zeitabständen gefordert und die Treffsicherheit muss über jeden Zweifel erhaben sein. Zeiten zur Überprüfung oder gar experimentelle Absicherungen werden immer knapper. Gleichzeitig erreicht alle Beteiligten eine schier unüberschaubare Flut an Informationsangeboten, Zahlen, Daten und Fakten. Die modernen Produktionseinrichtungen liefern Prozessdaten in nie dagewesener Präzision, Detaillierung und Vielfalt.

Es ist daher nicht weiter verwunderlich, wenn der unter Zeit- und Kostendruck stehende Fertigungsbetrieb sich in immer stärkerem Maße moderner Informationstechniken und externer Expertenhilfe bedient. Im eigenen Unternehmen hat es diese Expertenhilfe entweder nie gegeben oder ist vielfach Rationalisierungsmaßnahmen zum Opfer gefallen. Sehr schnell wird deutlich, dass die Informationstechnik für Werkstoffe und Wärmebehandlung ein vielseitiges und vielschichtiges Aufgabengebiet ist. Der hier vorzustellende Lösungsansatz kann daher nur eine punktuelle Betrachtung dieses vielfältigen Bereichs sein.

Bereits vor 15-20 Jahren wurden Expertensysteme für die verschiedensten Ingenieurdisziplinen entwickelt, die auch dem Nichtexperten Antworten auf die von ihm gestellten Fragen liefern sollten. Sehr schnell wurde aber erkannt, dass schon die EDV-gerechte Fragestellung ohne Expertenwissen gar nicht möglich ist und die vorgeschlagene Lösung vielfach keine echte Hilfe war. Expertensysteme zeichneten sich dadurch aus, dass durchaus neue kreative Vorschläge erarbeitet wurden, die aber in ihrer gesamtheitlichen Komplexität einer Bewertung bedurften. Hiermit war der Nichtexperte überfordert

Datenbank-Konzepte

Das Auffinden von genormten und/oder standardisierten Werkstoff-Kennwerten ist heute für jeden Mitarbeiter eine alltägliche Aufgabe. Bereits 1987 wurde die erste Version der Datenbank StahlWissen veröffentlicht. Hier findet der Anwender Werkstoffinformationen in einer einfach zu bedienenden Datenbank, die seit über 12 Jahren von Werkstoffwissen-

Introduction

As in any field, the way to the information society is inescapable with regard to issues of materials engineering and heat treatment. Answers to questions are demanded in ever shorter time intervals and the accuracy of information must be beyond any doubt. Times allotted for reviews or even experimental confirmation are constantly being cut down. At the same time, all those involved are deluged by a virtually endless flood of available information, figures, data and facts. Modern production facilities deliver process in never before experienced precision, details and variety.

Therefore, it is not surprising, when manufacturing organizations, being under pressure with respect to time and costs, avail themselves to an ever larger extent of modern information techniques as well as the help of external experts. Either they have never had this expertise in their own organizations or in many cases it has been sacrificed on the altar of rationalization measures. It becomes clear very quickly, that information technology for materials and heat treatment is a versatile and multi-layered field of activity. Therefore, the approach to solutions presented here can only be a point-focal view of this multi-faceted field.

As early as 15-20 years ago, expert systems were developed for various different fields of engineering, which were intended to supply answers to questions asked by non-experts, as well. However, it quickly became evident that it is not possible to ask the right questions related to data processing without having any expert knowledge, and also that proposed solutions were of no real help in many cases. Expert systems were distinguished by the fact that, while new and creative proposals were generated, they were in need of evaluation due to their overall complexity. Non-experts were unable to provide this kind of evaluation.

Database Concepts

Today, the location of standardized and/or unified characteristic values of materials is a routine job for any employee. As early as 1987, the first version of the SteelMaster database was published. In this simple to operate database, which has been expanded and updated regularly by material research scientist, the user is able to find the material information he

schaftlern regelmäßig erweitert und upgedatet wurde. Je nach Werkstoffkennwert sind die Informationen tabellarisch oder grafisch abrufbar, wie aus den Bildern 1 und 2 zu entnehmen ist.

Diese Informationen können auf jedem PC im Unternehmen jederzeit abgerufen werden. Inzwischen ist es auch üblich, die Inhalte derartiger Werkstoff-Datenbanken in größere konzernübergreifende Informationsnetze einzuspeisen.

Simulationsberechnungen

Die fortschreitende Rechnertechnik machte es möglich, immer komplexere werkstoffkundliche Zusammenhänge modellartig zu beschreiben und abzubilden. Auch hier gab es anfänglich eine ähnliche Euphorie wie bei den Expertensystemen. Inzwischen ist bekannt, dass Simulationsrechenstechniken eine sehr gründliche Definition und Recherche der Randbedingungen erfordern. Die Bereitstellung dieser Randbedingungen ist mitunter aufwendiger als die Simulation selbst. Das Bild 3 listet am Beispiel der Wärmebehandlung von metallischen Werkstoffen, die vom AWT-Fachausschuß 20 erarbeiteten Definitionen der Prozessparameter auf. Diese Parameterliste macht deutlich, welche Grundgrößen lokal und zeitabhängig erforderlich sind, um den Wärmebehandlungsprozeß zu beschreiben. Hierin ist noch nicht die Reaktion des Werkstoffs auf die aufgeprägten Temperatur-Zeit-Atmosphäre-Zyklen enthalten. Diese müssen in einem zweiten Schritt berechnet werden.

Maßgebend für die räumliche und zeitliche Temperaturverteilung und das Konzentrationsprofil in einem Bauteil sind:

- der lokale Wärmeübergang (Koeffizient und Wärmestrom)
- der lokale Stoffaustausch (an der Bauteiloberfläche)
- der werkstoffspezifischen Stoffgrößen in Abhängigkeit vom Trägermedium (Wärmebehandlungsmittel) für:
 - feste Spendermittel, Gase, Plasma, Pulver, Salze, Vakuum und der jeweils spezifischen Parameter wie:
 - Zusammensetzung, Druck, chem. Reaktionsfähigkeit, Partialdruck.

Bild 3: Definition der Prozessparameter in der Wärmebehandlung (Quelle: AWT-FA 20)

Weltweit werden hierzu von verschiedenen Autoren und Arbeitsgruppen erste Lösungsansätze vorgeschlagen, die für bestimmte Werkstoffe und Prozessschritte auch schon praktisch angewendet werden. Das Bild 4 zeigt eine Temperaturfeldverteilung eines rotationssymmetrischen Bauteils für das Abschrecken in Öl einer Vergütungsbehandlung.

The screenshot shows a software window with a table of data. The table has multiple columns, likely representing different material properties or analysis parameters. The interface includes various menu options and a search bar.

Bild 1: Mechanische Eigenschaften, internationale Referenzen und Analysenangaben von Stählen in tabellarischer Form.

Fig. 1: Mechanical properties, international references and composition data for steels, compiled in tabular form.

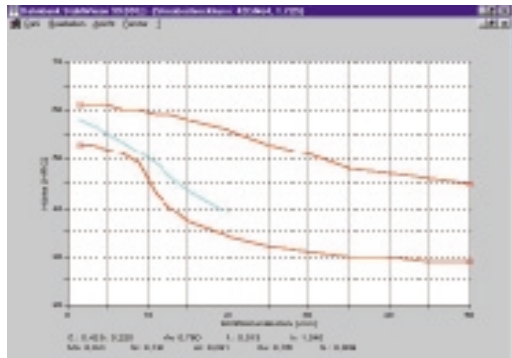


Bild 2: Härtebandstreuung und Regressionsberechnung nach den VDEh-Gleichungen in der Datenbank StahlWissen,

Fig. 2: Hardness scatter band and regression calculation on the basis of the VDEh-equations, contained in the SteelMaster database.

needs. Depending on the characteristic value of the material, the information can be called up in form of tables or graphic charts, as shown in Fig. 1 and 2.

This information can be recalled at any time on every computer terminal throughout the organization. Meanwhile, it is common place to feed the contents of such material databases into larger IT networks covering multiple organizations.

Simulation Computation

Advancing computer engineering has made it possible to describe and illustrate ever more complex materials science interrelationships in form of models. Here, too, there initially was some euphoria similar to that experienced with expert systems. Meanwhile, it is common knowledge that simulation computation techniques require very thorough definitions and research of the marginal conditions. The provision of these marginal conditions is sometimes more elaborate than the simulation itself. Fig. 3, using the example of heat treatment of metallic materials, shows the definition of process parameters established by the AWT expert committee No. 20. This list of parameters clearly shows what basic sizes are required locally and depending on time in order to describe the heat treatment process. However, this does not yet include the reaction of the material to the impacting temperature-time-atmosphere cycles. These must be computed in a second phase.

On this topic, initial solution proposals are being received from various world-wide authors and workgroups, some of which are already being applied in practice for certain materials and process steps.

Bild 4: Momentanaufnahme des Temperaturfelds eines rotationssymmetrischen Bauteils beim Abschrecken in Öl.

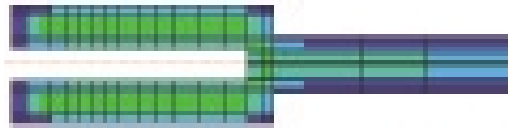


Fig. 4: Instantaneous recording of the temperature field in a rotationally symmetrical component during oil-quenching.

Ziel dieser Simulationsrechenstechniken ist die Vorberechnung des Eigenschaftsprofils und des Maßänderungsverhaltens vor, während und nach der Wärmebehandlung. Ein bedeutender Schritt hierbei ist die umfassende Beschreibung des Wärmeübergangskoeffizienten. Diese physikalische Grundgröße beschreibt die Intensität des Wärmestroms zwischen Bauteil und seiner Umgebung. Das Bild 5 zeigt ein typisches Messergebnis, das mit einer standardisierten Alpha-Messsonde und einem Finite-Differenzen-Verfahren ermittelt wurde. Messergebnisse von praktisch allen Wärmebehandlungsmitteln wurden auf diesem Wege experimentell erarbeitet

Bild 5: Temperaturabhängiger Wärmeübergangskoeffizient eines handelsüblichen Abschrecköls (gemessen und berechnet mit der Alpha-Sonde)



Fig. 5: Temperature-dependent coefficient of heat transfer for a commercially available quenching oil (measured and calculated using the Alpha probe)

Bild 6: C-Diffusionsprofil und Härteverlauf einer Simulationsberechnung für das Einsatzhärten.

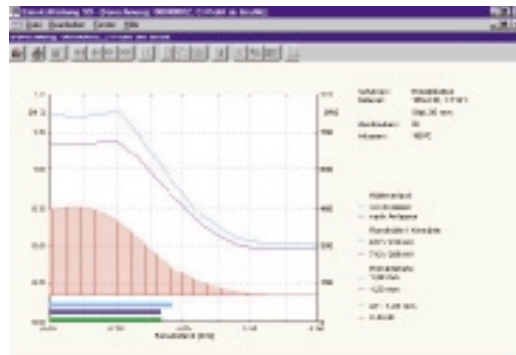


Fig. 6: C-diffusion profile and hardness plot of a simulation computation for case hardening

Bild 7: Kontinuierliches ZTU-Schaubild mit berechneter Abkühlungskurve.

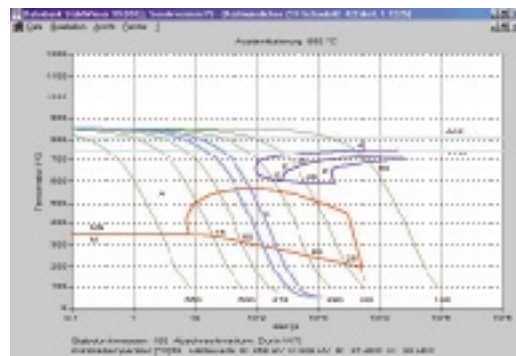


Fig. 7: CCT diagram, showing calculated cooling curve

Eine spezielle Simulationsberechnung stellt die Berechnung der Einsatzhärtung dar. Bei dieser Wärmebehandlung kommt es zu einer Kohlenstoff- und mitunter auch zusätzlich zu einer Stickstoffübertragung aus einem Spendermedium in die Bauteil-

The following factors are decisive for the spatial and temporal temperature distribution and the concentration profile in a component:

- local heat transfer (coefficient and heat flow)
- local mass transfer (on the surface of the component)
- material-specific mass sizes depending on the carrier medium (heat treatment agents) for:
- solid donor material, gases, plasma, powder, salts, vacuum at the respective specific parameters, such as:
- composition, pressure, chemical reactivity, partial pressure.

Fig.3: Definition of process parameters in heat treatment (Source AWT-FA 20)

Fig.4 shows a temperature field distribution in a rotationally symmetrical component during oil-quenching. The aim of these simulation computing techniques is the pre-calculation of the characteristic profile and the dimensional change behavior prior to, during and after heat treatment. A significant step towards this goal is the comprehensive description of the heat transmission coefficient. This physical basic value describes the intensity of the heat flow between the component and its environment.

Fig. 5 shows a typical measuring result, which has been determined by means of a standardized alpha probe and the finite difference method. The measuring results of virtually all heat treatment agents have been experimentally elaborated in this way.

The calculation of case hardening represents a special type of simulation computation. In this heat treatment method, a transfer of carbon and, sometimes in addition of nitrogen occurs from a protective atmosphere into the surface of the component. Nowadays, these simulation computations are being used world-wide, including online, for the purpose of target size optimized computation of the carbon profile during the carburizing treatment. The results delivered by the new, high-powered simulation computation system not only include the carbon profile, but also the hardness profile that can be expected, Fig. 6.

The declared objective of simulation computations must not necessarily be the calculated characteristic profile of a component. In case of new or changed component or system situations it may be beneficial to simply analyze the temperature-time behavior under the changed conditions.

Nowadays, this is possible without any problem with the computer system "heat treatment trainer"

oberfläche. Diese Simulationsberechnungen werden heute weltweit auch online zur zielgrößenoptimierten Berechnung des Kohlenstoffprofils während der Aufkohlungsbehandlung eingesetzt. Als Ergebnisse liefern die neuen leistungsfähigen Simulationsrechen-systeme nicht nur das Kohlenstoffprofil, sondern auch das zu erwartende Härteprofil, Bild 6.

Bei den Simulationsberechnungen muss nicht zwangsläufig das berechnete Eigenschaftsprofil des Bauteils erklärtes Ziel sein. Für neue bzw. veränderte Bauteil- und Anlagensituationen kann es nützlich sein, einfach das Temperatur-Zeit-Verhalten unter den veränderten Bedingungen zu analysieren. Dies ist heute mit einem PC-System „Wärmebehandlungstrainer“ problemlos möglich.

Die Sammlung und datentechnische Aufbereitung von kontinuierlichen und isothermischen ZTU-Schaubildern war schon immer eine Domäne der Datenbank Stahl-Wissen bei der Beschreibung des zu erwartenden Gefüges nach einer Wärmebehandlung, Bild 7. Hier steht dem Anwender dieser Systeme heute eine mächtige Datensammlung zur Verfügung, die mit allen Simulationsrechen-techniken kombiniert werden kann. Ergänzt wurde diese Datenbank noch durch die Gefügedatenbank MetalloROM, in der beispielhaft Gefügeausbildungen und die Entstehungsgeschichten dokumentiert sind, Bild 8.

Das Informationsgespräch

Es stehen heute vielfältigste Werkzeuge und Hilfsmittel zur Verfügung, wenn Werkstoffeigenschaften recherchiert und/oder berechnet werden müssen. Der Umgang mit rechnergestützten Informationssystemen über Werkstoffe und Wärmebehandlungen setzt auch nach vielen Jahren der Entwicklung und des praktischen Einsatzes ein hohes Maß an fachspezifischen Kenntnissen voraus. Der Anwender von Werkstoffen verfügt üblicherweise nicht über diese Spezialkenntnisse, da er auf anderen Gebieten spezialisiert ist.

Die Ausführungen zeigen deshalb, dass ein Informationsgespräch auch heute noch ein wichtiges und unerlässliches Bindeglied zwischen dem Informationssuchenden und dem Informationsgeber ist. Im Rahmen einer strukturiert vorbereiteten Aufgabenanalyse können die Bedingungen ermittelt werden, die für den Konstrukteur, Fertigungstechniker, Einkäufer und Wärmebehandler von Bedeutung sind. Der Informationsgeber kennt seine EDV- und sonstigen Hilfsmittel bestens und kann nach der Aufgabenanalyse zielgenau dem Informationssuchenden Auskunft erteilen. Das inzwischen weit verbreitete Internet transportiert diese Informationen dann bei Bedarf auch zeitoptimal zu allen Beteiligten.

The collection and data-processing adaptation of CCT diagrams has always been a strong point of the SteelMaster database in the description of the expected structure after heat treatment, Fig. 7. Here, users of these systems can nowadays avail themselves of a vast collection of data, which may be combined with all simulation computation techniques. This database has since been expanded with a structure database by the name of MetalloROM, in which microstructures are shown by means of examples and documented with their history of creation, Fig. 8.

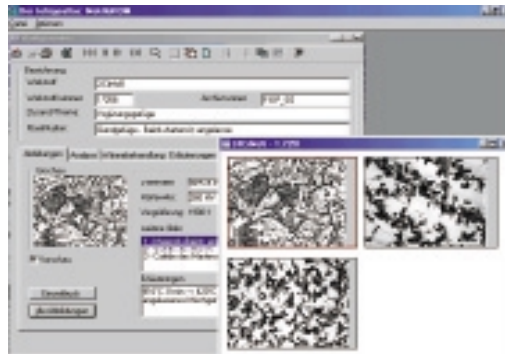


Bild 8: Gefügebeispiele aus dem Gefügearchiv MetalloROM.

Fig. 8: Microstructures from the MetalloROM structure archive.

Technical Discussions

Many versatile tools and aids are available nowadays when it comes to researching and/or computing the characteristics of materials. Handling of computer based information systems on materials and heat treatment still requires, after many years of development and practical use, a high level of expert knowledge. User of materials normally don't possess this special knowledge, since they specialize in other fields.

Therefore, this article shows that, even today, technical discussions are still an important and indispensable link between the person seeking and the person offering information. The conditions which are of significance for the designer, production engineer, purchaser, heat treatment specialist can be determined within the scope of a task analysis prepared in a structured way. The supplier of information knows his EDP and other aids inside out and is able to provide pinpoint accurate advice to the person seeking information after the task analysis. The Internet is able to transport this information, if required, in no time at all to all participants.

Literatur:

P. Sommer: Elektrowärme international September 1999, Seite B120-B123

Literature:

P. Sommer: Elektrowärme international September 1999, Page B120-B123

SOMATIT goes online



Dr. Sommer
Material Information
Technology

www.stahlwissen.de

Dr. Sommer

WERKSTOFFTECHNIK
Anwendungsinstitut zur
Einsatzoptimierung von
Werkstoffen, Verfahren,
Wärmebehandlung

- **Stahlauswahl**
- **Wärmebehandlung**
- **Internationaler Vergleich**
- **Normenreferenzen**
- **Werkstoffdatenblätter**