

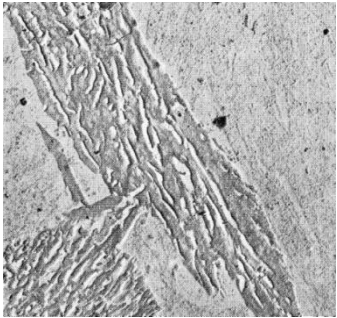
Austenit

Langsame Abkühlung (Normalisieren)



Perlit

Schnelle Abkühlung



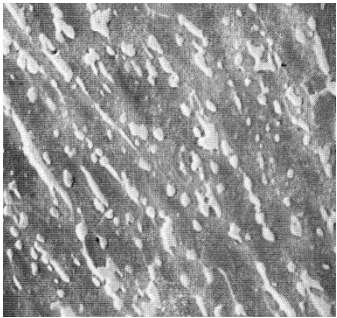
Bainit

Sehr schnelle Abkühlung (Härten)



Martensit unangelassen

Nachträgliches Anlassen (Vergüten)



Martensit angelassen

$$\text{Empfindlichkeit für Härterisse} \sim \frac{\text{Wärmeausdehnungskoeffizient} \cdot \text{Elastizitätsmodul}}{\text{Zugfestigkeit} \cdot \text{Wärmeleitfähigkeit}}$$

Empfindlichkeit für Härterisse ist umso kleiner, je

- ⇒ kleiner der Wärmeausdehnungskoeffizient des Materials
- ⇒ kleiner das Elastizitätsmodul (die Steifigkeit) des Materials bzw. Bauteils
- ⇒ größer die Festigkeit des Materials
- ⇒ größer die Wärmeleitfähigkeit des Materials



Thermoschock-(Härte-)Risse in einer Bremsscheibe

Ursache der Rissentstehung:

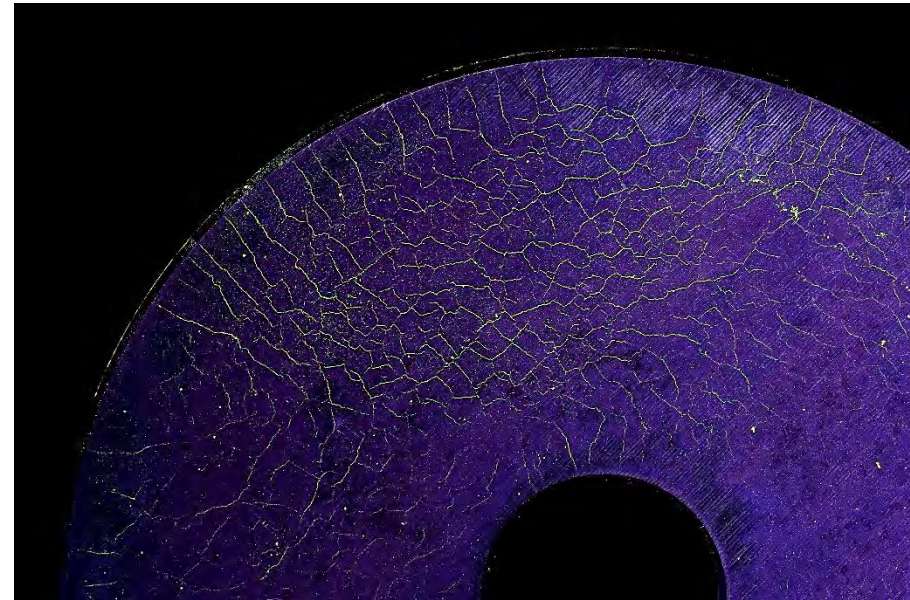
- ⇒ Risse sind immer das Ergebnis von Zugspannungen im Bauteil !!

Bild: Kontrollkörper für die Magnetpulverprüfung (MT-Testkörper)

- ⇒ Überprüfung des Magnetpulverprüfmittels
- ⇒ Kontrollkörper ist ein Dauermagnet hergestellt aus einem hochlegierten Stahl mit sehr feinen und etwas gröberen Oberflächen-Rissen
- ⇒ An den Rissen bildet das Magnetpulverprüfmittel Anzeigen, die mit Anzeigen auf einem Referenzbild verglichen werden.

Herstellung der Risse im Kontrollkörper:

- ⇒ Sehr feine Risse sind Schleifrisse
- ⇒ Etwas gröbere Risse sind Härterisse



Kontrollkörper für die Magnetpulverprüfung

Eigenstressen und Verzug

Ursachen für Eigenstressen:

- Elastische Verformung
- Plastische Verformung (mechanische Bearbeitung, Kugelstrahlen, ...)
- Umwandlungsspannungen (Volumenunterschiede unterschiedlicher Phasen) → **Härten!**
- Temperaturgradienten (Unterschiede in der Ausdehnung bei unterschiedlichen Temperaturen)

Konsequenzen von Eigenstressen:

- Verzug, Deformation
- Rissbildung (bei Zugeigenstressen)
- Risswachstum – z.B. Spannungsrisskorrosion
- Beeinflussung der Dauerfestigkeit
 - Druckeigenstressen erhöhen Dauerfestigkeit
 - Zugeigenstressen reduzieren Dauerfestigkeit

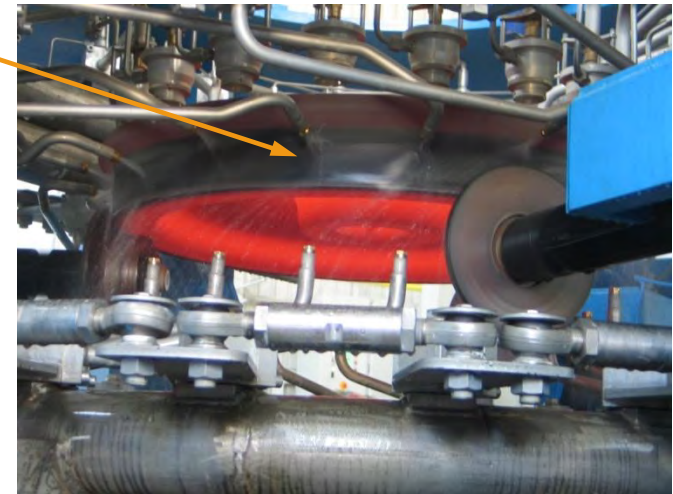
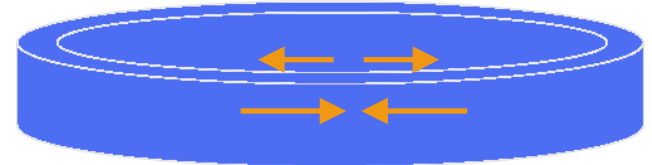


Verzug



Spannungsrisskorrosion

- Wärmebehandlung von Eisenbahnrädern erfolgt durch sogenanntes Laufkranzhärten
- Nur der Spurkranz (Bereich der Lauffläche des Rades auf der Schiene) wird schnell (mit Wasser) abgekühlt.
- Der „Rest“ des Rades kühlt an Luft
- Im Ergebnis bilden sich im Radkranz Druckeigenspannungen aus
- Diese Druckeigenspannungen sollen der Bildung bzw. dem Wachstum von Rissen während der Bewegung des Rades auf der Schiene entgegenwirken



Wärmebehandlung von Eisenbahnrädern