

3 KVANTIFIKÁCIA ŠTRUKTÚRY A LOMOVÉ CHARAKTERISTIKY NOVÝCH MATERIÁLOV

Ak chceme vyjadriť súvislosti medzi štruktúrou a vlastnosťami, ktoré sú východiskom pre ich optimálne využívanie, je potrebné kvantifikovať nielen vlastnosti (tie sa bežne merajú a vyjadrujú v číselných hodnotách), ale aj štruktúru materiálu. **Kvantitatívna metalografia** zahŕňa metódy kvantifikácie štruktúrnych parametrov (hodnotenie za pomoci etalónov, meranie štruktúrnych parametrov, automatická analýza obrazu).

Hodnotenie za pomoci etalónov. Ide o hrubé kvantifikovanie štruktúrnych parametrov, založené na porovnávaní hodnotenej štruktúry so štandardnými stupnicami (etalónmi). Je bežne používaným rutinným postupom, ktorý je normovaný. Pri liatinách obsahujú normy aj etalóny pre triedenie tvaru, rozloženia a veľkosti grafitu. Výsledky majú zvyčajne tvar popisného kódu a nie sú priamo použiteľné do matematických výrazov, vyjadrujúcich vzťahy medzi štruktúrou a vlastnosťami.

Meranie štruktúrnych parametrov. Priame merania štruktúrnych parametrov (pri použití okulárových stupníc priamo pri hodnotení, na matnici mikroskopu, alebo z fotografií) umožňujú stanoviť číselné hodnoty štruktúrnych parametrov. Konkrétnym príkladom môže byť hodnotenie veľkosti zrna alebo stanovenie objemového podielu fázy.

3.1 HODNOTENIE VEĽKOSTI ZRNA

Na lome aj na leptanom výbruse je často aj voľným okom vidieť, že štruktúra je tvorená veľkým počtom zŕn. Veľkosť týchto zŕn má vplyv nielen na mechanické vlastnosti materiálu. Tepelným spracovaním je možné na veľkosť zrna pôsobiť. Rozlišuje sa **zrno austenitické (primárne) a zrno reálne (sekundárne)**. Veľkosť austenitického zrna sa zväčšuje so zvyšovaním teploty a s predlžovaním výdrže na teplote. Zvyšovanie rýchlosti ohrevu pôsobí proti zhrubnutiu zrna. Náchylnosť ku zhrubnutiu zrna je u rôznych ocelí rôzna a do značnej miery závisí od spôsobu výroby (dezoxidácia ocelí, prísadové prvky). Reálne zrno je zrno materiálu po tepelnom spracovaní a tvárnení.

Pre stanovenie veľkosti zrna sa vzorky odoberajú priamo z výrobku a veľkosť zrna sa hodnotí na leptanom metalografickom výbruse na matnici mikroskopu alebo porovnaním mikroštruktúry v okulári, pri **100 - násobnom zväčšení**, s etalónmi.

Najrýchlejšie hodnotenie veľkosti zrna je tzv. **porovnávacou metódou**. Podstatou tejto metódy je *porovnanie mikroštruktúry s obrazom normalizovanej mikroštruktúry, spracovanej do etalónovej stupnice*. Základné nedostatky porovnávacej metódy vyplývajú zo spôsobu výberu a usporiadania etalónov (pomerné hrubé odstupňovanie etalónov) a zo spôsobu samotného hodnotenia porovnávaním (subjektivita hodnotenia). Metóda sa dá použiť len pre tie materiály, pre ktoré boli vypracované porovnávacie stupnice. Hodnotenie sa robí 10 x na jednej vzorke (v jednej oblasti) a výsledok sa uvádza ako stredná hodnota všetkých meraní. S ohľadom na presnosť meraní sa odporúča, aby v zornom poli bolo 50 až 100 zŕn. Zvláštnym prípadom štruktúry je štruktúra s väčšími dobre rozoznateľnými oblasťami zŕn o rôznych priemerných veľkostiach. Ak oblasť s určitou veľkosťou zrna dosahuje 90 % celkového zorného poľa, uvádza sa vo výsledku len priemerná veľkosť prevládajúceho zrna (napr. 5). Na vzorkách s dvoma oblasťami s rôznou veľkosťou zrna sa hodnotia priemerné veľkosti zrna v oboch oblastiach zvlášť a výsledok sa uvádza v tvare zlomku, kde v čitateli je číslo zrna

prevládajúcej oblasti a v menovateli číslo zrna menšej oblasti a pripojí sa do zátvorky plošné percentuálne vyjadrenie tejto oblasti napr. 9 / 5 (25%).

Spôľahlivejšie a objektívnejšie výsledky dáva **lineárna metóda**. Dá sa použiť v prípade nerovnoosých štruktúr, pre ktoré porovnávacia metóda neposkytuje vhodnú porovnávaciu stupnicu. Lineárnou metódou sa hodnotí veľkosť zrna ako *stredná dĺžka úseku*. Pri meraní sa postupuje tak, že na štruktúru sa položí úsečka o známej dĺžke a počíta sa počet zŕn preťatých touto úsečkou. Pretože prvé a posledné zŕno nebýva celkom preťaté, postupuje sa pri počítaní preťatých zŕn tak, že prvé nie celkom preťaté zŕno sa nepočíta a posledné áno, alebo naopak. Stredná dĺžka úseku v μ sa určuje zo vzťahu:

$$d = \frac{\Sigma L}{z \cdot \Sigma n}, \quad (1)$$

kde d je stredná dĺžka úseku v μ , L je celková dĺžka úsečky v μ , z je lineárne zväčšenie a n je celkový počet úsečkami preťatých zŕn.

Najvhodnejší spôsob merania je pre počet 12 až 20 zŕn na úsečke, ktorej dĺžka sa volí tak, aby bola minimálne 50 % priemeru zorného poľa okulára alebo 75 % dlhšej strany matnice (obrázku mikroštruktúry). Pre hodnotu strednej dĺžky úseku d (stanovená z 10 meraní) sa v tabuľke nájde číslo odpovedajúce veľkosti zrna, ktoré sa uvádza ako výsledok merania (napr. L7).

Ďalej môžeme veľkosť zrna hodnotiť ako *strednú hodnotu a plochy rezu zrnom v μm^2* . Vzťah medzi počtom zŕn n_s na povrchu 1 mm^2 výbrusu a strednou hodnotou ich plochy a_s (pri zväčšení 100x) je:

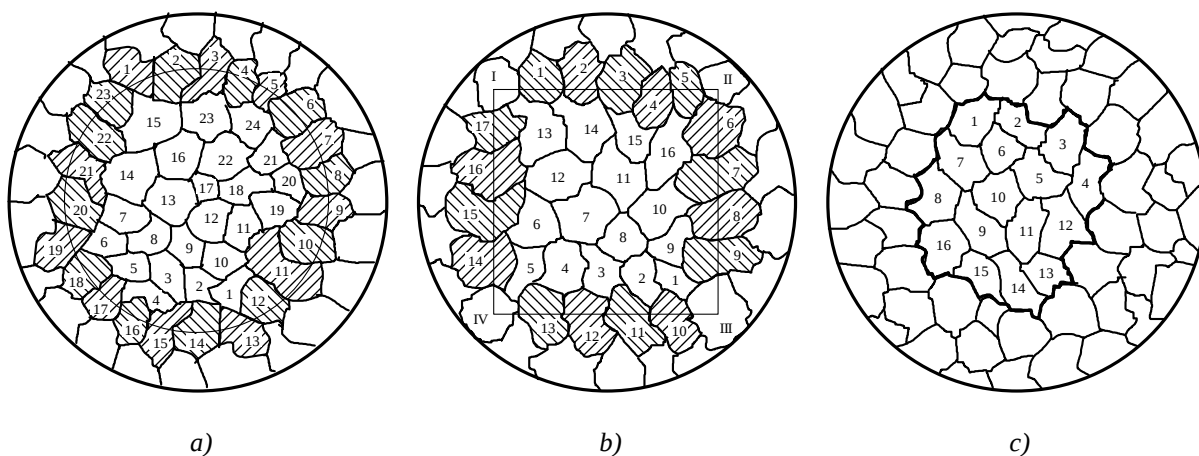
- v jednofázovej štruktúre
$$n_s = 10^6 \cdot (a_s)^{-1}. \quad (2)$$

- vo viacfázovej štruktúre

$$n_{xs} = 10^6 \cdot (a_{sx})^{-1} \cdot V_x, \quad (3)$$

kde V_x je objemový podiel fázy x .

Prakticky sa stanovuje počet zŕn n_{100} (pri zv.100x) na obraze štruktúry niektorou z metód podľa **Jefferies**a, **Saltykova** a metódou **planimetrickou**.



Obr. 1 Metódy hodnotenia veľkosti zrna - a) Jefferiesova, b) Saltykovova, c) planimetrická

Pri **Jefferiesovej metóde** sa počíta počet zŕn z vo vnútri kružnice o polomere 39,9 mm (zodpovedá $0,5 \text{ mm}^2$ na výbruse) a počet zŕn v preťatých kružnicou a vypočíta sa podľa vzťahu:

$$n_{100} = z + 0,5 v . \quad (4)$$

Pri **Saltykovovej metóde** sa počíta počet zŕn z vo vnútri štvorca o strane 70,7 mm alebo obdĺžnika 59,8 x 83,6 mm a počet zŕn v preťatých stranami (okrem 4 zŕn I - IV pripadajúcich na rohy štvorca alebo obdĺžnika) a vypočíta sa podľa vzťahu:

$$n_{100} = z + 0,5 v - 1 . \quad (5)$$

Pri **planimetrickej metóde** sa planimetrom zmeria plocha A , ktorú zaujíma zvolený známy počet zŕn z a s prihliadnutím na zväčšenie obrazu sa prepočíta:

$$n_{100} = 10^4 \cdot z \cdot A^{-1} . \quad (6)$$

Počet zŕn m pripadajúcich na 1 mm^2 plochy výbrusu je $m = 2 \cdot n_{100}$. Strednú veľkosť plochy zrna a alebo stredný rozmer zrna d_m vypočítame:

$$a = \frac{1}{m} . \quad (7)$$

$$d_m = \frac{1}{\sqrt{m}} . \quad (8)$$

3.1.1 Postup práce na cvičení

1. Vyhodnotiť veľkosť zrna podľa STN 42 0464 porovnávacou metódou a pozorovanú mikroštruktúru schematicky znázorniť.
2. Vyhodnotiť veľkosť zrna metódou podľa Saltykova a Jefferies.
3. Zistené výsledky spracovať do tabuľky, porovnať ich a analyzovať výhody, resp. nevýhody jednotlivých metód.

3.1.2 Kontrolné otázky

1. Definujte pojem skutočné zrno.
2. Popíšte porovnávaciu metódu, uveďte aké má výhody a nevýhody.
3. Ako vyzerá zápis z hodnotenia porovnávacou metódou pre vzorky s dvoma rôznymi oblasťami veľkosti zrna?
4. Popíšte metódu podľa Jefferies.
5. Popíšte metódu podľa Saltykova.
6. Pri akom zväčšení hodnotíme veľkosť zrna?

3.1.3 Literatúra

- [1] Skočovský, P. - Matejka, M.: Mikroštruktúra liatin - metalografická príručka, Fomplex, Trenčín, 1994
- [2] STN 42 0464 - Norma na stanovenie veľkosti zrna neželezných kovov
- [3] STN 42 0462 - Norma na stanovenie veľkosti zrna ocelí