



3. STRUKTURA A VLASTNOSTI MATERIÁLU A JEJICH ZKOUŠENÍ

3.5 Technologické vlastnosti

Technologické vlastnosti materiálu charakterizují jeho vhodnost k určitému zpracovatelskému procesu, kterým má být dosaženo bezvadného výrobku z hlediska jeho užitných vlastností.

Technologickými zkouškami se nezjišťují vlastnosti materiálu vyjádřené fyzikálními veličinami, ale napodobuje se proces výroby a určují se podmínky, za kterých může být zvolená technologie úspěšná. Pouze v některých případech jsou technologické zkoušky doplňovány zkouškami mechanickými např. měřením tvrdosti nebo vrubové houževnatosti (zkoušky prokalitelnosti nebo zkoušky svařitelnosti) a zkouškami defektoskopickými (např. zkoušky svařitelnosti nebo slévátnosti). Tato kapitola je přehledem technologických vlastností a zkoušek, které jsou podrobně popsány ve skriptech pro laboratorní cvičení.

3.5.1 Tvařitelnost

Tvařitelnost materiálu je schopnost materiálu vytvořit požadovaný jakostní výrobek plasticou deformací za tepla nebo za studena.

Tvařitelnost za studena

Zkoušky tvařitelnosti za studena simulují procesy tváření probíhající při technologických operacích lisování, ohýbání, lemování, rozhánění aj. Používají se pro různé hutní výrobky, zejména pro plechy, dráty a tenkostěnné trubky.

Zkoušky hloubením poskytují informace o možnosti zpracovat tenké plechy (do tloušťky 2 mm) tažením, tlačáním nebo lisováním. Nejznámější z této skupiny zkoušek je zkouška hlubokotažnosti podle Erichseny (ČSN ISO), při které se do vzorku plechu pomalu vtlačuje trn zakončený vyleštěnou ocelovou koulí. Při výskytu první trhliny se zkouška zastaví a změří se posuv trnu, který je měřítkem tvařitelnosti plechu dané tloušťky, při které se do vzorku plechu pomalu vtlačuje trn zakončený vyleštěnou ocelovou koulí. Při výskytu první trhliny se zkouška zastaví a změří se posuv trnu, který je měřítkem tvařitelnosti plechu dané tloušťky.

Vedle Erichsenovy zkoušky je rovněž používána zkouška *kalíškovací* podle Engelharta, při které se posuzují podmínky lisování, za nichž vznikla prasklina v kalíšku s plochým dnem.

Zkouška lámavosti (ČSN ISO) se používá pro zjišťování tvařitelnosti za studena u tlustých plechů. Zkušební tyč, uložená na dvou válcových podporách, se ohýbá čelní válcovou částí trnu do předepsaného úhlu, přičemž na tažené straně nesmí vzniknout trhlina.

Pro zkoušení drátů se používají tři základní technologické zkoušky: *zkouška drátů střídavým ohybem*, *zkouška kroucením* a *zkouška navíjením*.

Zkouška drátů střídavým ohybem je nejfrekventovanější zkouška drátů (ČSN ISO). Drát je sevřen mezi čelisti a střídavě se přehýbá přes válečky v obou směrech o 180°. Měřítkem jakosti drátu je počet ohybů do lomu.



3. STRUKTURA A VLASTNOSTI MATERIÁLU A JEJICH ZKOUŠENÍ

Tvařitelnost za tepla

Tato technologická vlastnost se zkouší rozkováním, děrováním, rozštěpením, ohybem, pýchováním, krutém, válcováním aj.

Při *zkoušce kovatelności* oceli se ze zkoušeného materiálu vykovou plochá tyč, do které se prorazí dva otvory. Krajní otvor se rozštěpí a oba konce se rozevřou a úplně se ohrnou. U dobře kovatelného materiálu se nesmí objevit trhliny. *Zkouška krutém za tepla* umožňuje hodnotit plasticitu materiálu podle počtu zkrutů a přetvárný odpor podle krouťícího momentu při různých teplotách. Na základě výsledků této zkoušky se optimalizuje rozmezí tvářecích teplot.

3.5.2 Slévatelnost

Na kvalitu odlitku má vliv jednak slévatelnost použitého materiálu, jednak vlastnosti použitého formovacího materiálu.

Slévatelnost je schopnost materiálu vytvořit jakostní odlitek, což závisí především na zabíhavosti a smrštění materiálu.

Zabíhavost

Zabíhavost je schopnost materiálu dokonale vyplňovat formu. Při zkouškách zabíhavosti se vyhotoví odlitky určitých tvarů za konstantních podmínek lití. Zkušební odlitky buď mají stálý nebo proměnný průřez. V prvním případě mají odlitky

- a) tvar tyčí nebo spirál a byly odlity v jedné vodorovné rovině; mírou zabíhavosti je délka odlitku.
- b) tvar tyčí nebo desek, které byly odlity ve svislém směru; tyto zkoušky dovolují posoudit vliv proměnného metalostatického tlaku a jsou tedy více podobné praktickému lití. Odlitky proměnného průřezu mohou mít tvar klínů nebo nízkých kuželů a mírou zabíhavosti je vzdálenost nejtenčího okraje odlitku od nezalité hrany klínu.

Smrštění

Důsledkem smrštění při tuhnutí odlitku je vznik staženin, tvarové zborcení, vznik vnitřních napětí a vznik trhlin. Ve slévárnách se smrštění posuzuje většinou na standardních odlitcích tyčí, jejichž délka po odlití se srovnává s délkou modelu. Během zkoušky může být graficky zaznamenána změna vzdálenosti dvou značek na odlitku (Keepův přístroj).

3.5.3 Svařitelnost

Svařitelnost je schopnost materiálu vytvořit kvalitní svarový spoj. Bývá hodnocena ze tří odlišných hledisek jako svařitelnost

- a) technologická, závislá na technologii a parametrech svařování,
- b) metalurgická, závislá na složení, struktuře svařovaného materiálu a dilatacích a zbytkových napětích vzniklých v procesu svařování,
- c) konstrukční, která závisí na tvarovém vyřešení svarového spoje.

V materiálových listech a normách se rozlišuje svařitelnost (a) zaručená, (b) zaručená podmíněná, (c) dobrá, (d) obtížná. V posledním případě se svařování nedoporučuje.



3. STRUKTURA A VLASTNOSTI MATERIÁLU A JEJICH ZKOUŠENÍ

Odolnost svarů proti vzniku trhlin

Odolnost proti vzniku *trhlin za tepla* se zkouší při teplotách těsně pod solidem. Vzorky svařenců na tupo jsou zatěžovány buď tahem nebo ohybem různými rychlostmi deformace. Zátěžná síla působí proti smršťování svaru. Vzniklé „horké trhliny“ jsou hodnoceny vizuálně.

Do této skupiny zkoušek se zahrnují ještě zkoušky odolnosti austenitických ocelí proti vzniku *krytalizačních trhlin* (zkouška DA) a zkoušky odolnosti svarových spojů proti vzniku *likvačních trhlin*. Podmínky zkoušek udávají příslušné normy ČSN EN ISO.

Zkoušky odolnosti svarových spojů proti vzniku *trhlin za studena* {zkoušky *praskavosti*) jsou většinou rovněž normalizovány. Při zkouškách se provádí na předepsaných vzorcích za různých podmínek svařování buď svar nebo návar. Výskyt trhlin se hodnotí metalograficky.

Zkouška praskavosti tenkých plechů se hodnotí na vzorcích, u kterých se mění tuhost podél osy svaru (nebo návaru). Dociluje se toho buď pomocí speciálních přípravků nebo se na vzorku vypracují zářezy různé hloubky. Měřítkem praskavosti je délka vzniklé praskliny.

Náchylnost ke zkřehnutí

Tato vlastnost se hodnotí v podstatě vrubovou houževnatostí ve svaru a jeho okolí. Podmínkou zkoušky je, že houževnatost nesmí klesnout pod 50 % normou zaručené hodnoty základního materiálu.

V ČSN ISO je dále uvedena *návarová ohybová zkouška*, která má podobné uspořádání jako zkouška lámavosti (kap. 3.5.1) s tím, že je ohýbán vzorek s návarem (nebo v jiné modifikaci se svarem na tupo). Měřítkem kvality návaru (svaru) je úhel ohybu vzorku.

3.5.4 Obrobitelnost

Obrobitelnost je technologická vlastnost materiálu, která vyjadřuje jeho vhodnost k určitému způsobu obrábění. Podle způsobu a rozsahu hodnocení se rozlišuje absolutní, relativní a komplexní vyjádření obrobitelnosti. Nejčastěji se obrobitelnost hodnotí relativně vzhledem k etalonovému materiálu a vyjadřuje se koeficientem (indexem) obrobitelnosti.

Pro hodnocení obrobitelnosti je možno použít četných kritérií, jakými jsou otupení nástroje, řezný odpor, řezné teplo, drsnost povrchu, aj. Je-li kritériem otupení nástroje, určuje se při zkoušce obrobitelnosti buď řezná rychlost pro stanovenou trvanlivost v_T [m/min.] ostří nástroje, nebo trvanlivost pro stanovenou řeznou rychlost T_v [min.].

Dříve u nás zavedené normativy obrobitelnosti vycházely z krátkodobých zkoušek kinetické obrobitelnosti a stanovily koeficient obrobitelnosti

$$k_v = \frac{v_{15}(\text{materiál})}{v_{15}(\text{etalon})}, \quad (3.47)$$

kde značí v_{15} rychlost obrábění pro trvanlivost ostří nástroje 15 min.

Všechny kovové materiály byly rozděleny do čtyř skupin (oceli, litiny, hliník a jeho slitiny) a pro každou skupinu byl určen jeden etalon.



3. STRUKTURA A VLASTNOSTI MATERIÁLU A JEJICH ZKOUŠENÍ

3.5.5 Prokalitelnost

Prokalitelnost je technologická vlastnost materiálu vyjadřující jeho schopnost zakalit se do určité hloubky pod ochlazovaný povrch výrobku.

Zkoušky prokalitelnosti se podle způsobu ochlazování a podle tvaru zkušebního tělesa dělí na:

- a) příčné (podle Grossmanna), při nichž se válcové těleso ponoří do ochlazovacího prostředí celým svým objemem,
- b) čelní (podle Jominiho), při nichž se válcové těleso ochlazuje vodou pouze na čele,
- c) klínové (podle Shepherda), při nichž se válcové těleso ochlazuje na klínovém čele.

Hloubka prokalení se určuje nejčastěji měřením tvrdosti, jako vzdálenost od ochlazovaného povrchu zkušebního tělesa, kde byla změřena smluvní hodnota tvrdosti. Smluvní hodnota pro oceli je tvrdost struktury s 50 % martenzitu při daném obsahu uhlíku. Charakteristikou prokalitelnosti je podle ČSN EN ISO (a) křivka prokalitelnosti získaná měřením tvrdosti na jednom zkušebním tělese, (b) pás prokalitelnosti, který tvoří více křivek prokalitelnosti, (c) index prokalitelnosti, který je smluvním vyjádřením hloubky prokalení na základě křivky nebo pásu prokalitelnosti.