

HARDOX

JAK DLOUHO VYDRŽÍ, ANEB OTĚRUVZDORNOST

Posoudit, respektive odhadnout, životnost ocelí v podmínkách abraze je náročnou technickou disciplínou. SSAB Oxelosund AB byla jednou z prvních evropských oceláren vyrábějících kalené ocelové plechy, a má nyní s výrobou a aplikacemi otěruvzdorných plechů HARDOX přibližně dvacetileté zkušenosti. To nás ,doutáme, opravňuje komentovat záležitosti okolo hodnocení abraze, i když jsme si vědomi, že je na tomto poli stále spousta bílých míst.

V zásadě jsme schopni rozdělit abrazi na *třecí abrazi*, kde materiál klouže po povrchu plechu (typickými příklady jsou násypky, podavače, dopravníky) a *rázovou abrazi*, kde materiál dopadá pod úlem blízkým 90° na povrch plechu, respektive se přímo drtí (odrazové desky, kladiva, čelisti). Kromě těchto dvou nejčastěji se vyskytujících druhů abraze můžeme ještě rozlišit *abrazi ve štěrbině* (jemně rozemleté abrazivo se pohybuje pod relativně vysokým tlakem mezi dvěma kovovými povrchy), a *erozi*, kde jemné částičky abraziva při velmi vysokých rychlostech (nad cca 50 m/sec) narážejí na kovový povrch (ventilátorové mlýny, separátory).

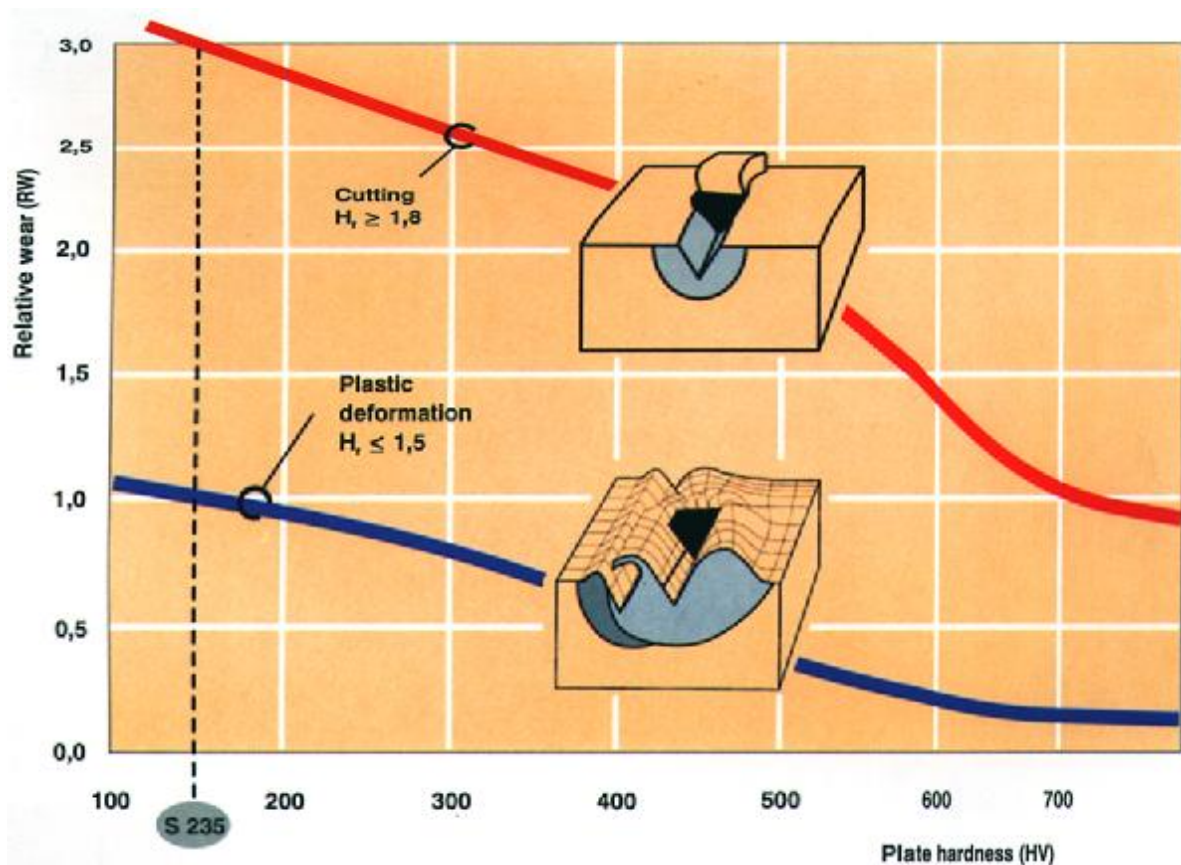
Nicméně, ve spoustě případů je reálné opotřebenění způsobeno kombinací různých druhů abraze. Typickými příklady jsou například korby nákladních automobilů (rázová abraze při nakládce, třecí abraze při vykládce), boční klíny čelistových drtičů (třecí abraze s menším podílem rázové abraze) nebo hřeblové dopravníky (abraze ve štěrbině a třecí abraze). K typickým zařízením, kde dochází k různým typům abraze současně, jsou drtiče, přičemž na různých místech jednotlivých typů drtičů převládají jednotlivé druhy abraze.

Rozdělení abraze na její jednotlivé druhy a určení, o který druh se jedná (respektive který druh převládá), je důležitý předpoklad (nikoliv jediný) proto, abychom mohli odhadnout životnost zařízení. Mechanismy opotřebenění jsou rozdílné u různých druhů abraze. Jinými slovy, víme-li, že například v žule nám násypka (třecí abraze) z oceli tvrdé 500 HB vydržela např. trojnásobek času než násypka z oceli tvrdé 300 HB, neznamená to, že dosáhneme trojnásobku životnosti pokud použijeme 500 HB ocel oproti 300 HB oceli na odrazovou desku v odrazovém drtiči (rázová abraze).

Dalším předpokladem pro odhad životnosti je znalost abrazivního média (minerál, hornina, surovina, odpad...). Parametrem, který zde potřebujeme znát, je tvrdost, respektive mineralogické složení, ze kterého můžeme tvrdost určit. Rozdíly životnosti mezi dvěma různě tvrdými ocelmi jsou v prostředí různě tvrdých minerálů výrazně odlišné. Máme-li např. na břitu nakladače mezi 500 HB ocelí (HARDOX 500) a 300 HB ocelí (Abrazit) dvojnásobný rozdíl životnosti ve vápenci, pak v čediči bude nárůst životnosti cca 4 násobný, ale v křemenu bude rozdíl životnosti již pouze cca 40 %.

Dalším nutným parametrem, který musíme znát, jsou vlastnosti samotných otěruvzdorných ocelí. Zde je nutno podotknout, že jenom ve výjimečných případech jsme schopni odhadovat absolutní životnost zařízení. Většinou tedy porovnáváme životnost dvou různých ocelí v jednom zařízení, respektive v případě, kdy známe životnost zařízení se stávajícím materiálem jsme schopni odhadnout jaká bude životnost v případě použití jiné oceli. Co se týká ocelí, dosavadní zkušenosti ukazují, že jejich základní vlastností určující otěruvzdornost je tvrdost. Jedinou zásadní výjimkou jsou manganové oceli (12 – 18 % Mn), u kterých dochází při abrazi k výraznému povrchovému zpevňování jinak měkké oceli. (Toto zpevňování nicméně funguje jen při rázové abrazi.) V porovnání s tvrdostí se ostatní vlastnosti ocelí (chemické složení, struktura) ukázaly mít výrazně menší vliv na

otěruvzdornost. Dříve diskutovaný vliv karbidů (zejména Cr) na otěruvzdornost se ukázal být reálný až ve vysokochromových litinách s obsahy chrómu nad cca 3 –5 %. U klasických otěruvzdorných ocelí, ať už kalených (např. HARDOX nebo Dillidur) nebo pouze ochlazených na vzduchu (např. Abrazit nebo BRINAR 400 Cr) jsou obsahy Cr výrazně pod 2 % a drtivá většina chrómu je rozpuštěna v tuhém roztoku a chróm tudíž neovlivňuje otěruvzdornost oceli.



Znalost charakteru (druhu) abraze, tvrdost nebo složení minerálu (abraziva) a znalost tvrdostí posuzovaných ocelí jsou minimálními požadavky k tomu, abychom mohli odhadovat životnost zařízení. Tento odhad je nejpropracovanější u třecí abraze. Hodnocení životnosti u třecí abraze vychází ze skutečnosti, že zde abrazivum může poškodit povrch oceli dvojnásobným způsobem. Při vysokém poměru tvrdosti abraziva (H_a) ke tvrdosti oceli (H_o) dochází k rychlému opotřebení a mikroskopické částičky povrchu oceli jsou prakticky již při prvním dotyku s abrazivem „vyřezávány“ z masy oceli. Při nízkém poměru tvrdosti abraziva ke tvrdosti oceli je nejdříve mikroskopické místo na povrchu oceli několikrát plasticky deformováno průchodem abraziva a až poté dojde k jeho odstranění. V tomto případě je ztráta hmotnosti otěrem několikanásobně nižší (při průchodu stejného množství abraziva). Kritický poměr tvrdosti abraziva (H_a) k tvrdosti oceli (H_o) při kterém dochází k rychlému opotřebení je 1,8. Nad touto hodnotou se vyskytuje rychlé opotřebení (cutting abrasion). Při hodnotě H_a/H_o nižší než 1,5 se pak vyskytuje pomalé opotřebení (plastic deformation). Při hodnotách tvrdostí (relativní tvrdost H_r) mezi 1,5 a 1,8 se pak vyskytují oba druhy opotřebení současně. Závislosti relativního otěru na tvrdosti oceli jsou pro rychlou i pomalou třecí abrazi známy (obr.1), můžeme tedy, při daném abrazivu, porovnat životnost (převrácená hodnota relativního otěru) různých ocelí. Zde je nutno si uvědomit existenci dvou typů poškozování povrchu oceli s téměř řádovým rozdílem ve váhovém úbytku (opotřebení). Jinými slovy, použití tvrdší oceli nám při daném abrazivu sice vždy přinese vyšší životnost, ale v okamžiku, kdy můžeme zvolit otěruvzdornou ocel takové tvrdosti, že překročíme mezní hodnotu

relativní tvrdost (1,5 – 1,8), dostaneme skokový nárůst životnosti. Pro cementárenský slinek to např. znamená, že při změně oceli 200 HB na ocel 300 HB dostaneme pouze cca 15 % nárůst životnosti (jsme stále v oblasti $H_r > 1,8$), ale při změně z 300 HB oceli na 400 HB již bude nárůst životnosti cca čtyřnásobný ($H_r = 1,6$).

V případě rázové abraze je situace složitější. Kromě již zmíněných parametrů bude hrát roli i úhel dopadu abraziva. Kritické hodnoty H_r zde navíc budou posunuty do rozmezí cca 0,8 až 1,2. Pro rázovou abrazi navíc nejsou parametry pro odhad životnosti stále úplně dořešeny. Zde si hodně slibujeme od výzkumů, které v současné době provádíme společně s PSP Engineering a.s.

Také u abraze ve štěrbině nám chybí dostatečný počet dat, abychom mohli nabídnout spolehlivý návod k odhadům životnosti. Zatím je pouze zřejmé, že zvýšení tvrdosti oceli na jedné straně štěrbině vede automaticky k nižšímu opotřebení i na druhé straně štěrbině.

Eroze je pro nás zatím nejhůře predikovatelný druh abraze. Ukazuje se, že kromě již diskutovaných parametrů (tvrdost minerálu, tvrdost oceli) má na relativní životnost vliv i rychlost proudění, úhel dopadu a velikost částic. V případě eroze mají pravděpodobně vliv na celkové opotřebení i další vlastnosti oceli (houževnatost a způsob zpevnění matrice).

Samostatnou kapitolou jsou laboratorní zkoušky otěruvzdornosti, respektive jejich aplikace na provozní podmínky. Nejběžněji používanou zkouškou je Bondův test (ON 721184), při kterém se destička z dané oceli otáčí v uzavřeném bubnu spolu s definovaným abrazivem. Váhový úbytek oceli pak definuje dosažený otěr.

V tabulce jsou uvedeny výsledky Bondova testu pro oceli 11 523, HARDOX 400 (400 HB) až HARDOX 600 (600 HB) v abrazivu Znělec (analcim, 360 – 530 HV, 22%; nefelin, 530 – 725 HV, 31%; sanidin, 725 HV, 29%, rest, 18%).

Ocel	hmotnostní úbytek /g/
11 523	0,6012
HARDOX 400	0,5290
HARDOX 450	0,4837
HARDOX 500	0,3457
HARDOX 600	0,1906

Bondova zkouška zřejmě zahrnuje dohromady rázovou i třecí abrazi, nicméně jejich vzájemný podíl není zcela zřejmý. Taktéž není možné (jak již bylo uvedeno výše) usuzovat z výsledků dosažených na jednom minerálu jak se budou zkoušené oceli opotřebovávat na minerálu odlišné tvrdosti. Zde je nutno zdůraznit, že grafy otěruvzdornosti (životnosti), které se tak často vyskytují v různých brožurách nebo propagačních materiálech k různým druhům otěruvzdorných ocelí, nemají prakticky žádný vypovídající význam, pokud nedefinují přesně druh zkoušky a parametry abraziva. I v případě, že jsou parametry testu definovány, nemusí mít praktickou vypovídací hodnotu pro provozní podmínky. Při základní znalosti problematiky abraze není problém provést zkoušku za takových podmínek, aby se optimální variantou stala zrovna námi preferovaná ocel.

SSAB Swedish Steel s.r.o.
Spartakovců 3, Ostrava
tel.: 069/6939487, fax: 069/6939486
e-mail: ivan.mika@ssab.cz
<http://www.hardox.cz/>