**Čo je to Shot Peening a ako to funguje?**

Brokovanie je proces spracovania za studena, ktorý sa používa na prenesenie zvyškových tlakových napätí na povrch komponentu, čo vedie k zmene mechanických vlastností. Proces brokovania sa používa na pridanie pevnosti a zníženie profilu napätia komponentov.

**Ako Shot Peening funguje?**

Otryskávanie funguje tak, že na povrch zasiahne brok (okrúhle kovové, sklenené alebo keramické častice) s dostatočnou silou na vytvorenie plastickej deformácie. Keď skupina výstrelov zasiahne povrch, vygeneruje niekoľko vrúbkov, čo vedie k tomu, že komponent je obalený vrstvou namáhanou tlakom na kovovom povrchu.



**Metódy a médiá Shot Peeningu**

Otryskávanie sa bežne vykonáva pomocou vzduchových tryskacích systémov alebo odstredivých tryskacích kolies. Systémy fúkania vzduchu používajú vysokotlakový vzduch na vystreľovanie brokov cez trysku na obrobok. Odstredivé otryskávacie koleso používa vysokorýchlostné lopatkové koleso, ktoré poháňa čeriace médium pomocou odstredivej sily nastavením miesta vstupu média tak, aby načasovalo uvoľňovanie média. Medzi ďalšie metódy brokového peeningu patrí ultrazvukové peening, mokré peening a laserové peening, ktorý nepoužíva médiá.

Ako peeningové médiá možno použiť oceľové broky, keramické alebo sklenené guľôčky a rezaný drôt. Narezané drôtené broky sú všeobecne preferované, pretože si zachovávajú svoj guľový tvar, keď sa zhoršujú, na rozdiel od liatych brokov, ktoré sa môžu rozbiť na ostré kusy a poškodiť obrobok. Rezaný drôt vydrží päťkrát dlhšie ako liata strela a je tiež relatívne lacný. Použitie zariadenia na odstránenie úlomkov výstrelu počas procesu však môže pomôcť pri čistení a obnove výstrelu a podávačov a výmene poškodených médií.

**Prečo sa používa?**

Hlavnou výhodou brokovania je predĺženie životnosti komponentu vytvorením vrstvy indukovaného tlakového napätia na zvýšenie odolnosti proti únave (vrátane koróznej únavy, napäťovej korózie a kavitačnej erózie) a zároveň pomáha odolávať vzniku a šíreniu trhlín. Vytváranie tlakových napätí, ktoré odolávajú únave kovu, pomáha predchádzať šíreniu trhlín cez materiál. Praskanie koróziou pod napätím je tiež zmiernené vnútorne, pretože plastická deformácia spôsobená rôznymi typmi brokovnicového a laserového spevňovania napomáha častiam namáhaným ťahom zvnútra. Ťahové napätia vo vnútri materiálu však nie sú také problematické, pretože je menej pravdepodobné, že povrchové trhliny začnú vo vnútri materiálu.

**Meranie účinkov Shot Peening**

Povrchové zvyškové tlakové napätia vytvorené brokovaním sa budú líšiť v závislosti od faktorov vrátane intenzity a pokrytia spevňovacím médiom.

Metódu na meranie účinku brokovitosti vytvoril John Almen, ktorý vymyslel „Almen Strip“ na meranie tlakových napätí, ktoré tento proces spôsobuje. Intenzitu prúdu výbuchu možno merať v deformácii almenového pásu. Toto sa robí, keď pás dosiahne 10% deformáciu a potom je narážaný rovnakou intenzitou po dvojnásobný čas. Ak je potom vidieť, že sa pás deformuje o ďalších 10 %, je možné zmerať intenzitu otryskávaného prúdu.

Pokrytie procesu je možné merať aj pomocou náboja Almen, ktorý vyvinul R. Bosshard. Toto meria percento povrchu, ktorý bol vrúbkovaný, na základe posúdenia variácií uhla prúdu výbuchu. Pretože prúd tryskania má tvar kužeľa, strela dopadá na povrch materiálu v rôznych uhloch. Použitie prekrývajúcich sa priechodov môže zlepšiť pokrytie, zatiaľ čo povrch namáhaný tlakom možno vyrobiť s pokrytím menej ako 50 %. Je však dôležité optimalizovať úroveň pokrytia, aby sa dosiahol požadovaný povrchový efekt. Faktory, ktoré môžu ovplyvniť pokrytie, zahŕňajú počet nárazov (tok výstrelu), expozičný čas, vlastnosti výstrelu (veľkosť, chemické zloženie výstrelu) a vlastnosti samotného obrobku. Vizuálne vyšetrenie sa často používa na posúdenie percenta pokrytia, aj keď v dôsledku náhodného charakteru procesu toto pokrytie nie je lineárne úmerné. Napríklad 100 % pokrytie znamená, že miesta na povrchu materiálu budú niekoľkokrát zasiahnuté, 150 % pokrytie znamená, že päť alebo viac nárazov sa vyskytlo na 52 % miest, zatiaľ čo 200 % pokrytie znamená, že päť alebo viac nárazov bolo došlo na 84 % lokalít. Menšia veľkosť záberu vytvára viac dopadov na libru, čo si vyžaduje kratší expozičný čas a tvrdší záber tiež vytvára väčšie pokrytie ako mäkký záber, pretože tvrdší záber môže preniknúť hlbšie a vytvoriť väčší dojem. pričom 200 % pokrytie znamená, že päť alebo viac dopadov sa vyskytlo na 84 % miest. Menšia veľkosť záberu vytvára viac dopadov na libru, čo si vyžaduje kratší expozičný čas a tvrdší záber tiež vytvára väčšie pokrytie ako mäkký záber, pretože tvrdší záber môže preniknúť hlbšie a vytvoriť väčší dojem. pričom 200 % pokrytie znamená, že päť alebo viac dopadov sa vyskytlo na 84 % miest. Menšia veľkosť záberu vytvára viac dopadov na libru, čo si vyžaduje kratší expozičný čas a tvrdší záber tiež vytvára väčšie pokrytie ako mäkký záber, pretože tvrdší záber môže preniknúť hlbšie a vytvoriť väčší dojem.

Únavová životnosť obrobku sa znižuje neúplným alebo nadmerným pokrytím. Príliš veľké hĺbenie bude mať za následok nadmerné opracovanie povrchu obrobku za studena, čo môže viesť k únavovému praskaniu. Je preto dôležité brať do úvahy vlastnosti materiálu spolu s intenzitou peelingu a dobou pôsobenia.

**Odstraňuje penetrácia materiál?**

Otryskávanie môže odstrániť niektoré vyššie body povrchu materiálu. Tieto povrchové oblasti obsahujú nižšie úrovne tlakového napätia ako tie, ktoré sa nachádzajú hlbšie vo vnútri materiálu, hoci väčšina vonkajších namáhačov môže byť vyleštená.

**Zvyšuje spevňovanie striekaním tvrdosť?**

Pretože brokovanie je proces spracovania za studena, môže spôsobiť zvýšenie tvrdosti povrchu.

**Aký je rozdiel medzi otryskávaním a otryskávaním?**

Tryskanie je priemyselný proces používaný na úpravu povrchu súčiastok. Proces funguje na princípe obrusovania. Prúd abrazívnych častíc je hnaný pod vysokým tlakom na povrch súčiastky, aby vyhladil drsný povrch, zdrsnil hladký povrch, vytvaroval povrch alebo odstránil povrchové nečistoty. Tryskanie sa často používa na prípravu povrchu pre následné operácie, ako je lakovanie zvarov.

Otryskávanie brokmi, ako bolo opísané vyššie, sa líši od otryskávania brokovnicou v tom, že sa používa na zlepšenie vlastností povrchového materiálu pridaním tlakových napätí.

**Výhody**

Medzi výhody brokovania patrí zvýšená pevnosť a odolnosť proti únave, a to aj pri spracovaní zložitých geometrických dielov. Proces je dobre známy a relatívne lacný a má značný výskum a kontroly kvality, aby sa zabezpečila jeho účinnosť. Okrem toho sú médiá a vybavenie ľahko dostupné.

Okrem zlepšenia materiálových vlastností môže brokovaním vytvoriť kamienkový povrch, ktorý môže byť výhodný v určitých aplikáciách.

**Obmedzenia**

Tak ako sa kamienkový povrch vytvorený týmto procesom môže ukázať ako výhodný pre niektoré aplikácie, môže byť pre iné nežiaduci. Otryskávanie môže tiež narušiť časti s úzkymi toleranciami, aj keď to nie je taký problém pri čistení jemnými časticami.

**Aplikácie**

Otryskávanie sa používa v celom rade priemyselných odvetví na zlepšenie povrchových vlastností komponentov, vrátane medicíny, letectva a automobilového priemyslu. Príklady komponentov zahŕňajú [1]:

* Časti prevodovky
* Vačkové hriadele
* pružiny
* Spojovacie tyče
* Kľukové hriadele
* Ozubené kolesá
* Piesty
* Vrtáky
* Vrtuľové hriadele
* Lopatky kompresora
* Lopatky turbíny
* Podvozok
* Epidurálne sondy

Okrem týchto aplikácií sa brokové otryskávanie môže použiť na odstraňovanie piesku v zlievárňach, zdobenie, odstraňovanie okovín a povrchovú úpravu odliatkov používaných v blokoch motorov a hlavách valcov.