

## Aplikace PVD na ošetření forem pro vstřikování plastů a lití Al



Tenké povlaky získávané metodami PVD (Physical Vapour Deposition) nebo PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition) si již získaly v oblasti povrchového inženýrství svou vydobytou pozici a jejich praktická aplikace je dnes v mnoha oblastech již samozřejmostí.

Mezi nejpoužívanější technologie nanášení tenkých povlaků patří obloukové napařování a magnetronové napařování. Níže uvedené příklady aplikací využívají právě metodu magnetronového napařování, která poskytuje velmi kompaktní a adhezni vrstvy s vysokou hustotou nanesených částic a pracuje při nízké teplotě, čímž je šetrná k povlakovanému substrátu. V dalším textu se zaměříme na některé speciální aplikace, které mají své již reference, ale nejsou zdaleka tak rozšířené jako např.: povlakování vrstvami na bázi TiN. Jedná se o povlakování nástrojů používaných při vstřikování plastů, tlakovém lití a tváření hliníku a jeho slitin.

### **Mechanismy a problémy spojené s lisováním a litím**

Při vstřikování plastů, tlakovém lití nebo tváření hliníku a jeho slitin se setkáváme s některými společnými problematickými jevy:

a) zadírání a koroze třením některých pohyblivých součástí forem (vyhazovače, pohyblivé čepy, tažné části, vodící lišty, atd.)

b) únava, abrazivní otěr (např.: díky skleněným vláknům), koroze (např.: působením rozkladných nebo kondenzačních produktů chloridových polymerů), diesellový efekt (vlivem kombinace tepla a tlaku plynu působícího v uzavřených oblastech)

Kromě uvedených aspektů, které snižují životnost forem zmiňme ještě další dva kritické parametry:

c) koeficient tření materiálu (plastu, hliníku) na povrchu formy je ve většině případů nepřímo úměrný k plnicí rychlosti formy. To přímo ovlivňuje délku lisovacího/licího cyklu a tím i náklady na jeden cyklus.

d) velmi důležitým a známým jevem je interakce mezi povrchem formy a tvářeným materiálem. Tato interakce, která často vede k přilepování materiálu na formu, se vyskytuje kromě plastů i u tlakového lití hliníku či tváření pryžových dílců. V odborné literatuře se pro tento jev zavedl pojem „sticking“. Bez ohledu na tvářený materiál se musí často forma čistit agresivními chemikáliemi nebo mechanicky, popřípadě kombinací obou způsobů.



*Příklad diesellového efektu*

Důvodem pro povrchovou úpravu forem je proto vytvoření takové povrchové vrstvy, která bude co

možná nejvíce inertní k tvářenému materiálu, bude mít vysokou otěruvzdornost a nízký koeficient tření. Kromě toho musí vzhledem k výše pospanému efektu přilepování splňovat dvě podmínky:

- povrchová vrstva by neměla reagovat s čistícím chemickým médiem
- povrchová vrstva by měla mít vysokou tvrdost, aby byla odolná vůči mechanickému čištění (pískování, otryskávání, atd.)

### **Použití povrchových úprav**

Z již zmíněného je patrné, že povrchová vrstva by měla řešit problémy s otěrem a přilepováním tak, aby bylo plnění formy kvalitnější a vyjmutí dílce z formy snazší, krátce řečeno: aby se zvýšila kvalita a snížily se náklady na výrobu dílce.

Ačkoliv nitridace, elektrolytické pokovování chromem nebo niklem je stále široce rozšířené, povlaky na bázi PVD a PACVD se stávají efektivní náhradou těchto povrchových úprav. Klíčem k jejich úspěchu je velmi vysoká tvrdost, velmi vysoká chemická netečnost a schopnost nemodifikovat počáteční drsnost povlakovaného povrchu.

### **Příklady**

#### Vstřikování polymerů

V tomto příkladě se jedná o výrobu PE víček pro lékařské použití. Původním řešením byla forma z materiálu 34NiCrMo16 vnitřním chlazením vodou. Protože docházelo k častému přilepování a výskytu dieselového efektu, bylo nutné sadu čistit (broušení + leštění) v intervalu milion cyklů. To odpovídalo průměrné délce cyklu 17 vteřin.



s

Kompletní sada byla povlakována vrstvou CERTESS X o síle 3  $\mu\text{m}$  a současně byl nahrazen materiál formy slitinou Cu-Be. Tím bylo možné eliminovat vnitřní chlazení vodou.

Toto řešení potlačilo výskyt dieselového jevu a přilepování bylo významně zredukováno. Čištění bylo prováděno v intervalu 6 milionu cyklů. Kromě toho se díky velmi slabé reakci mezi plastem a povrchem formy snížila délka cyklu ze 17 na 10 vteřin.

V druhé příkladě se jedná o vstřikování PE lžiček. Forma byla vyrobena z materiálu X38CrMoV 5-1. Problémem bylo špatné plnění dutin a přilepování na formu.



Pro zlepšení plnicí rychlosti byla forma povlakována vrstvou CERTESS DLC o síle 1  $\mu\text{m}$ . Výsledkem bylo snížení doby cyklu o 30%. Došlo ke snížení tření mezi plastem a formou,

snadnějšímu plnění formy a snížení potřebné výtlačné síly. Kromě toho bylo možné zmenšit hloubku popisovacích rytin pro jejich lepší čitelnost.

To vše samozřejmě vedlo v důsledku ke snížení nákladů.

#### Vstřikování elastomerů

Tento příklad ukazuje srovnání mezi povlakem tvrdého chrómu povlakem CERTESS na bázi Cr. Jedná se o výrobu „O“ kroužků z pryže.

Při původní povrchové úpravě bylo nutné čistit formu (kartáčování, popřípadě čistící roztok) v intervalu 20 000 cyklů a to díky významnému výskytu přilepování materiálu na formu.

Aby bylo možné tento interval zvýšit, byl tvrdochrom nahrazen vrstvou CERTESS o síle 4 μm.

Výsledek hovoří sám za sebe: interval čištění formy se zvýšil na 100 000 cyklů.



a

#### Vysokotlaké lití hliníku

Nyní ukážeme příklad výroby odlitků pomocí vysokotlakého lití z hliníku, kde jsou často součástí forem jádra určené k vytvoření otvoru (slepého, otevřeného) do stěny odlitku.

V tomto případě se jedná o Al-Si slitinu, lící teplota je 750 °C, materiál formy je opět vysoce legovaná Ni-Cr-Mo ocel. Hlavním problémem bylo přilepování hliníku na jádra při vyhazování formy.

Jádra byly povlakovány vrstvou CERTESS SD o síle 3 μm. Tento povlak poskytuje velmi vysokou teplotní odolnost, abrazivní odolnost a nízkou schopnost k přilepování.

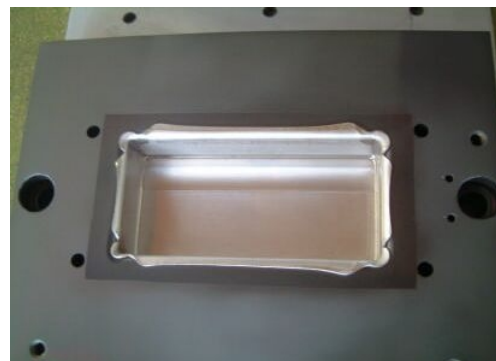
Výsledkem bylo zvýšení intervalu výměny jader z 15 000 cyklů na 100 000 cyklů.



#### Tažení dílců z Al slitin

Hlavním problémem, s kterým nás zákazník oslovil, bylo přilepování a zadírání materiálu během tváření na formu, což vedlo k tvorbě trhlin na tvářeném dílci. Důvodem jsou velmi špatné třecí vlastnosti slitiny, v tomto případě Al-Mg slitiny.

Původní řešení úpravy povrchu vyžadovalo broušení/leštění nástroje (razidlo a forma) v intervalu 10 000 cyklů. Díky povlakování vrstvou CERTESS DLC se interval zvýšil na 60 000 cyklů.



Tento výsledek byl dán velmi nízkým koeficientem tření povlaku DLC, vynikající odolností proti přilepování a velmi vysokou odolností proti otěru, díky vysoké tvrdosti povlaku.

### **Shrnutí**

Uvedené příklady názorně ukázaly přednosti povlaků CERTESS aplikované na formy a nástroje pro vstříkování, lití a tváření plastů, gumy a hliníku:

- snadnější naplnění forem
- snížení intervalů čištění forem a tím
- snížení počtu odstávek stroje
- zlepšení kvality povrchu tvářeného dílce/odlitku

Posledním praktickým příkladem budiž povlakování forem z hliníku na výrobu plastů. Použití hliníkových forem na výrobu plastů je stále rozšířenější. V tomto případě budou muset procesy povrchových úprav splnit požadavek na nízkou teplotu, která by neměla překročit 150 - 200 °C, kdy dochází ke změnám mechanických vlastností forem.

Jako slibné se ukazují právě PVD povlaky CERTESS X a CERTESS DLC, nanášené technikou PEMS® při nízkých teplotách. Některé aplikace jsou již v praktickém použití.

*S použitím přednášky „PVD/PACVD coatings for molding applications“, Hervé Delorme, Fabric Prost, ExproHEF France, uvedené na konferenci 14. Kongres International Federation for Heat Treatment and Surface Engineering, 26.-28. října 2004, Shanghai. Překlad a úprava: Ing. Jan Gerstenberger, EXPROHEF-CZ s.r.o.*