

Laboratorní a výpočetní technika

METODIKA K URČENÍ OPTIMÁLNÍHO SLOŽENÍ OCHRANNÉHO VOSKOVÉHO KRYTU PRO ZDOBENÍ UŽITKOVÉHO SKLA LEPTACÍ TECHNIKOU

LADISLAV ŠAŠEK, HANA MEISSNEROVÁ, ZDENĚK BICEK

Vysoká škola chemicko-technologická, katedra technologie silikátů, Suchbátarova 5, 166 28 Praha 6

Došlo 24. 10. 1981

Metodou kráceného fatorového experimentu byl určen význam jednotlivých složek ochranného voskového krytu na jeho vlastnosti (snadnost smývání a rytí, možnost podleptání, trhání krytu při rytí a ostrost linky vyleptaného vzoru) a stanoveny regresní rovnice pro výpočet hodnocení uvedených vlastností ze složení ochranného voskového krytu. Analytickým řešením uvedené soustavy rovnic bylo určeno složení ochranného voskového krytu s optimálními vlastnostmi.

ÚVOD

Použití ochranného krytu s optimálními vlastnostmi je základním předpokladem pro získání vyleptaného vzoru požadované kvality. V praxi se používá celá řada nejrůznějších směsí. Mezi nejznámější patří kryt asfaltový, voskový a suříkový. Každý z těchto krytů by měl splňovat tyto požadavky:

- a) krycí vrstva musí být tenká a souvislá,
- b) vrstva musí být dokonale odolná proti kyselině sírové, dusičné, fluorovodíkové a hexafluorokřemičité,
- c) vláčnost a dostatečná pružnost při prorývání dekoru,
- d) dobrá přilnavost, aby leptací lázeň nevnikla mezi kryt a výrobek.

Asfaltový kryt se používá pro hluboký lept. Patří mezi tradiční kryty. Pod tento název zahrnujeme velkou skupinu přírodních látek obsahujících uhlovodíky. K výrobě ochranného krytu se osvědčil např. syrský asfalt. Asfalty získané ze zbytků destilace ropy jsou méně vhodné. Asfaltové kryty se nesmějí zahřát nad teplotu 300 °C, aby se nesnížila rozpustnost v terpentýnu a v petroleji, které slouží k jeho smývání.

Pod názvem „voskový kryt“ zahrnujeme estery vyšších mastných kyselin s vyššími jednomocnými alkoholy, obvykle alifatickými. Z mastných kyselin bývá ve voscích nejčastěji zastoupena kyselina palmitová, stearová a olejová. V praxi ochranný voskový kryt nejčastěji obsahuje včelí vosk, karnaubský vosk, ozokerit ceresin, parafín, hovězí lůj a kalafunu.

Suříkový kryt tvoří oxid Pb_3O_4 , kalafuna a tiskařská fermež. Tento kryt se v praxi příliš nerozšířil, neboť velmi dlouho zasychá (až 24 h) podle obsahu fermeže. Tento kryt se ředí terpentýnem a lze ho snadno odstranit petrolejem.

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Aplikace metody kráceného faktorového experimentu k určení optimálního složení ochranného voskového krytu

V praxi používaný ochranný voskový kryt obsahuje 4 až 6 složek. Běžné prokombinování k vymezení optimálního složení krytu by si vyžádalo řadu pokusů. Proto byla k tomuto účelu zvolena metoda kráceného faktorového experimentu typu $2^N - d$, kde N je počet faktorů (složek) a d je stupeň krácení (počet interakcí nahrazených dalšími nezávisle proměnnými faktory [1, 2].

Definice výchozích podmínek

Uvažované rozpětí pro jednotlivé faktory, vyjádřené ve hmot. %:

| | | |
|-------------|------------------|----------|
| X_1 | ceresin | 15 až 25 |
| X_2 | včelí vosk | 10 až 20 |
| X_3 | ozokerit | 5 až 20 |
| X_4 | hovzí lůj | 0 až 10 |
| X_5 | kalafuna | 0 až 5 |

Obsah prafínu X_6 byl jako závisle proměnná stanoven dopočítáním do 100 %. Pro jednodušší výpočet regresních koeficientů byly zavedeny transformované souřadnice x_j , které jsou s původními hodnotami faktorů X_j ve vztahu

$$x_j = \frac{X_j - \bar{X}_j}{h_j}, \quad (1)$$

kde X_j je hodnota j -tého faktoru před transformací,

\bar{X}_j — základní úroveň j -tého faktoru (střední hodnota) před transformací,
 h_j — krok úrovně j -tého faktoru před transformací (vzdálenost středu od mezní hodnoty).

Dosazením výchozích hodnot pro nezávisle proměnné faktory X_1 až X_5 do vztahu (1) získáme vztahy pro výpočet hodnot transformovaných souřadnic x_1 až x_5 ve tvaru:

$$x_1 = \frac{X_1 - 20}{5} \quad (2), \quad x_2 = \frac{X_2 - 15}{5} \quad (3), \quad x_3 = \frac{X_3 - 12,5}{7,5} \quad (4),$$

$$x_4 = \frac{X_4 - 5}{5} \quad (5), \quad x_5 = \frac{X_5 - 2,5}{2,5} \quad (6)$$

K určení chemického složení pokusných směsí, vzhledem ke krácenému faktorovému experimentu, byly dvě dvojité interakce v úplném faktorovém experimentu nahrazeny dalšími nezávisle proměnnými. Znaménkové schéma pokusu je uvedeno v tab. I. Složení 8 pokusných ochranných voskových krytů je uvedeno v tab. II. Složení pokusných vosků bylo určeno tak, že v tab. I za (-) byly dosazovány spodní meze a za (+) horní meze obsahu nezávisle proměnných faktorů X_1 až X_5 . Obsah parafínu jako závisle proměnné byl stanoven dopočtem do 100 %.

Tabulka I

Hodnoty transformovaných souřadnic x_1 , až x_5 pro faktorový pokus (vzhledem k tomu, že hodnota se pohybuje v rozmezí ± 1 , jsou uvedena pouze znaménka (+) a (—))

| Označení směsi | Hodnota transformovaných souřadnic | | | | |
|----------------|------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | ceresin x_1 | včelí vosk x_2 | ozokerit x_3 | hov. lůj x_4 | kalafuna x_5 |
| 1 | — | — | — | — | + |
| 2 | + | — | — | + | — |
| 3 | — | + | — | + | + |
| 4 | + | + | — | — | — |
| 5 | — | — | + | — | — |
| 6 | + | — | + | + | + |
| 7 | — | + | + | + | — |
| 8 | + | + | + | — | + |

Tabulka II

Složení pokusných ochranných voskových krytů tak, jak vyplynulo ze znaménkového schématu (tab. I)

| Označení směsi | Obsah jednotlivých složek ve hmot. % | | | | | |
|----------------|--------------------------------------|------------|----------|----------|----------|---------|
| | ceresin | včelí vosk | ozokerit | hov. lůj | kalafuna | parafin |
| 1 | 15 | 10 | 5 | 0 | 5 | 65 |
| 2 | 25 | 10 | 5 | 10 | 0 | 50 |
| 3 | 15 | 20 | 5 | 10 | 5 | 45 |
| 4 | 25 | 20 | 5 | 0 | 0 | 50 |
| 5 | 15 | 10 | 20 | 0 | 0 | 55 |
| 6 | 25 | 10 | 20 | 10 | 5 | 30 |
| 7 | 15 | 20 | 20 | 10 | 0 | 35 |
| 8 | 25 | 20 | 20 | 0 | 5 | 30 |

Provedení pokusu

Voskovací směsi byly vyhřátý v sušárně jednotně na 115 °C. Jejich vlastnosti byly zkoumány na skleněných destičkách o rozměrech 2×5 cm, které byly po předchozím omytí namoženy do voskovací směsi. Po zatuhnutí voskového krytu byly destičky ponořeny na 30 minut do leptací lázně o složení: 20,3 hmot.% HF, 19,6 hmot.% H₂SiF₆, 2,6 hmot.% H₂SO₄ a 57,5 hmot.% H₂O. Teplota lázně byla udržována na hodnotě 22 °C.

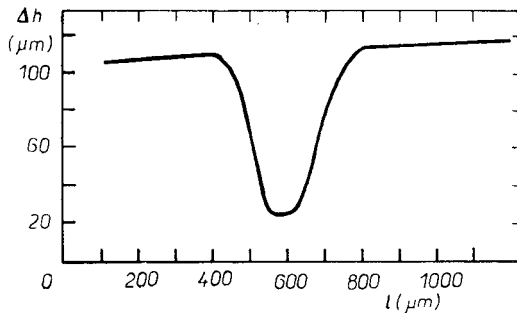
Posouzení kvality pokusných směsí

Aby bylo možno porovnávat kvalitu jednotlivých ochranných voskových krytů, bylo nutno zajistit objektivní vyhodnocení především šířky, hloubky, podleptání dekoru a profilu leptu. K tomuto účelu byl použit zvětšovací přístroj, mikroskop a speciální profiloměr. Práce se zvětšovacím přístrojem je velmi jednoduchá. Vzorek s vyleptaným vzorem se umístí na sklo kazety zvětšovacího přístroje společně se srovnávacím vzorkem. Při zvětšení cca 10× se pořídí přímo zobrazení sle-

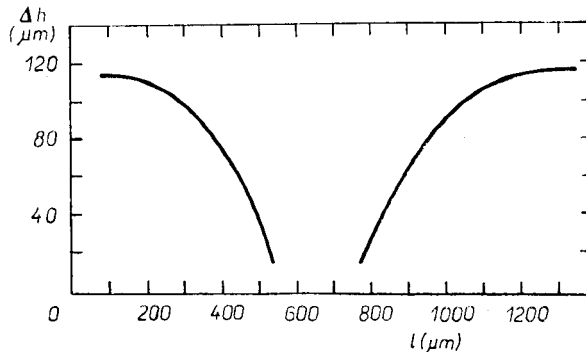
dovaných vzorků na fotografický papír. V případě, že je vzor vyleptán uspokojivě (bez rozleptání hran dekoru), je zobrazení ostré. V opačném případě, kdy došlo k rozleptání hran dekoru, je zobrazení nevýrazné až rozostřené. Touto metodou lze spolehlivě provádět běžnou kontrolu procesu leptání i v provozních podmínkách. Pro názornost jsou na obr. 1 uvedeny vedle sebe vzorky dobře vyleptané (levá část obrázku) a vzorky s rozleptanými hranami dekoru — nevyhovující požadované kvalitě (pravá část obrázku). Při náročnějším vyhodnocování leptacího procesu 10násobné zvětšení, docílené běžným zvětšovacíím přístrojem, nestačí na zvýraznění jemných dekorů. V tomto případě je výhodnější použít mikroskop



Obr. 3. Profil vyleptaného vzorku při 150násobném zvětšení pod mikroskopem.

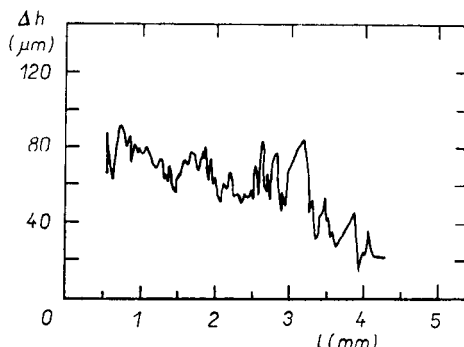


Obr. 4. Stanovení profilu dobře vyleptaného vzoru profiloměrem Talisurf 4. Zvětšení ve vertikálním směru 500krát, v horizontálním směru 100krát.



Obr. 5. Stanovení profilu špatně vyleptaného vzoru profiloměrem Talisurf 4. Zvětšení ve vertikálním směru 500krát, v horizontálním směru 100krát.

se zvětšením řádově větším (100 až 300krát). Při tomto zvětšení je již možno sledovat i strukturu leptu a vady vzniklé podleptáním voskového ochranného krytu. Na obr. 2 je zobrazeno podleptání a trhání ochranného voskového krytu, jak se jeví při 150násobném zvětšení pod mikroskopem. Při posuzování profilu vyleptaného vzoru lze rovněž použít mikroskopu (obr. 3). Vzorek je však nutno přelomit v kolmém směru na vyleptanou rýhu. Pro stanovení profilu, hloubky a šířky leptu,



Obr. 6. Záznam o rovnoměrnosti vyleptaného dna rýhy v podélném směru určené profiloměrem Talisurf 4. Zvětšení ve vertikálním směru 500krát, v horizontálním směru 20krát.

jakož i podleptání hran dekoru je však nejpřesnější použití speciálního profiloměru (např. značky Talisurf 4). Určený profil tímto přístrojem je uveden na obr. 4 a 5. Záznam o rovnoměrnosti vyleptaného dna rýhy v podélném směru je uveden na obr. 6. Obr. 5 zachycuje profil vyleptaného dekoru, který je pod 10násobným zvětšením již uveden na obr. 1 vpravo. Jde o vzorek s rozleptanými hranami dekoru, což je ze záznamu profiloměru na obr. 5 názorně vidět. Obr. 4 zobrazuje profil vyleptaného dekoru, který plně vyhovuje požadavkům kvality, hrany jsou výrazné. Pro srovnání je tentýž vzorek uveden pod 10násobným zvětšením na obr. 1 vlevo. Z uvedených příkladů je názorně vidět, že použitými přístroji lze sledovat a vyhodnocovat proces leptání velmi podrobně.

Pro vyhodnocení kvality pokusných ochranných voskových krytů bylo zvoleno pět kritérií: snadnost smývání ochranného voskového krytu v horké vodě, jeho chování při rytí, přilnavost (podleptání), trhání při rytí a ostrost vyleptaných hran. Jednotlivé vlastnosti byly bodovány v rozpětí 1 až 5 bodů. Jedním bodem byla ohodnocena kvalita, resp. vlastnost vynikající, a pěti body zcela nevyhovující.

Vyhodnocení faktorového experimentu

Lineární rozvoj pro výpočet sledovaných vlastností byl uvažován ve tvaru:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5, \quad (7)$$

kde b_0, b_1, \dots, b_5 jsou regresní koeficienty, které byly vypočteny ze vztahů (8 a 9)

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (8), \quad b_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_i x_{ji}}{n}, \quad (9)$$

kde n je počet měřených pokusných směsí,

a_i — sledovaná vlastnost i -té směsi,

j — označení faktorů 1, 2, ..., 5,

x_j — hodnota transformovaných souřadnic pro nezávisle proměnné faktory 1 až 5.

Jednotlivé směsi ochranných voskových krytů byly vyhodnoceny podle shora uvedených kritérií. Stanovené hodnoty pro směsi 1 až 8 jsou uvedeny v tab. III. V tabulce IV jsou uvedeny hodnoty regresních koeficientů pro sledované vlastnosti (rytí, mytí, podleptání, trhání a ostrost) včetně vyčíslených lineárních rozvojů pro výpočet uvedených vlastností ze složení ochranných voskových krytů (vztah 10 až 14).

Tabulka III

Porovnání bodového hodnocení vlastností voskového krytu směsi 1 až 8 z experimentu se zpětně vypočteným hodnocením z regresních rovnic pro jednotlivá kritéria.

| Označení směsi | Rytí | | Mytí | | Podleptání | | Trhání | | Ostrost | |
|----------------|------|------|------|------|------------|------|--------|------|---------|------|
| | exp. | vyp. | exp. | vyp. | exp. | vyp. | exp. | vyp. | exp. | vyp. |
| 1 | 2,0 | 2,13 | 3,5 | 3,38 | 1,5 | 1,25 | 2,0 | 2,00 | 1,0 | 1,00 |
| 2 | 2,0 | 2,00 | 2,0 | 2,00 | 1,5 | 1,62 | 2,0 | 1,50 | 1,0 | 0,75 |
| 3 | 2,0 | 1,88 | 2,0 | 2,13 | 1,5 | 1,75 | 3,0 | 3,00 | 1,0 | 1,00 |
| 4 | 3,0 | 3,00 | 3,0 | 3,00 | 2,5 | 2,38 | 1,0 | 1,50 | 1,0 | 1,25 |
| 5 | 2,5 | 2,50 | 3,5 | 3,63 | 1,5 | 1,75 | 2,0 | 2,00 | 1,0 | 1,00 |
| 6 | 2,0 | 2,00 | 2,0 | 2,00 | 2,5 | 2,37 | 1,5 | 2,00 | 2,0 | 2,25 |
| 7 | 2,0 | 2,13 | 2,5 | 2,37 | 2,5 | 2,25 | 3,0 | 3,00 | 1,0 | 1,00 |
| 8 | 3,0 | 3,00 | 3,0 | 3,00 | 3,0 | 3,12 | 2,5 | 2,00 | 3,0 | 2,75 |

Tabulka IV

Hodnoty regresních koeficientů z lineárních rozvojů pro jednotlivá kritéria hodnocení voskového krytu (viz rovnice 10 až 14)

| | Rytí | Mytí | Podleptání | Trhání | Ostrost |
|-------|----------|----------|------------|----------|----------|
| b_0 | 2,3130 | 2,6880 | 2,0630 | 2,1250 | 1,3750 |
| b_1 | 0,1875 | — 0,1875 | 0,3125 | — 0,3750 | 0,3750 |
| b_2 | 0,1875 | — 0,0625 | 0,3125 | 0,2500 | 0,1250 |
| b_3 | 0,0625 | 0,0625 | 0,3125 | 0,1250 | 0,3750 |
| b_4 | — 0,3125 | — 0,5625 | — 0,0625 | 0,2500 | — 0,1250 |
| b_5 | — 0,0625 | — 0,0625 | 0,0625 | 0,1250 | 0,3750 |

$$Y_r = 2,3130 + 0,1875 x_1 + 0,1875 x_2 + 0,0625 x_3 - 0,3125 x_4 - 0,0625 x_5 \quad (10)$$

$$Y_m = 2,6880 - 0,1875 x_1 - 0,0625 x_2 + 0,0625 x_3 - 0,5625 x_4 - 0,0625 x_5 \quad (11)$$

$$Y_p = 2,0630 + 0,3125 x_1 + 0,3125 x_2 + 0,3125 x_3 - 0,0625 x_4 + 0,0625 x_5 \quad (12)$$

$$Y_t = 2,1250 - 0,3750 x_1 + 0,2500 x_2 + 0,1250 x_3 + 0,2500 x_4 + 0,1250 x_5 \quad (13)$$

$$Y_o = 1,3750 + 0,3750 x_1 + 0,1250 x_2 + 0,3750 x_3 + 0,1250 x_4 - 0,3750 x_5 \quad (14)$$

Zpracování naměřených dat počítačem

Z výsledků uvedených v tab. III nelze jednoznačně určit optimální složení ochranného voskového krytu. Dá se pouze určit nejlepší z osmi připravených směsí. Proto bylo vyhodnocení optimálního složení provedeno počítačem.

Požadavky pro vyhodnocení: $x_j \in (-1, 1)$, bodovací interval měnit po krocích 0,25 a 0,5. Vyhledat všechna možná řešení dané soustavy v následujících bodovacích intervalech:

| bodovací interval | krok | počet řešení |
|-------------------|------|--------------|
| 1—2 | 0,25 | 0 |
| 1—3 | 0,50 | 2 |
| 1,5—2,5 | 0,25 | 7 |

Celkem bylo získáno za uvedených podmínek 9 řešení. Dále bylo počítači zadáno nalézt další řešení v intervalu 1,5 až 2 po kroku 0,1 a v intervalu 1 až 2 po kroku 0,2. Ani v těchto zmenšených krocích nebylo v intervalu 1 až 2 nalezeno žádné řešení, které by splňovalo dané podmínky. V tab. V jsou uvedeny hodnoty transformovaných souřadnic x_j ochranných voskových krytů, které vybral počítač.

V tabulce VI je složení těchto směsí ve hmot.%. Tabulka VII uvádí bodování vytypovaných složení ochranných voskových krytů počítačem, které bylo provedeno výpočtem z regresních rovnic (10 až 14).

Tabulka V

Chemické složení voskovačích směsí, které byly vybrány počítačem jako nejlepší. Složení je uvedeno v hodnotách transformovaných souřadnic x_j

| Označení směsí | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 |
|----------------|--------|----------|--------|----------|----------|
| 1 | 0,6563 | 0,8350 | 0,9606 | 0,0773 | — 0,1361 |
| 2 | 0,9378 | 0,4381 | 0,1474 | 0,0552 | — 0,1429 |
| 3 | 0,7232 | 0,4491 | 0,7287 | 0,0059 | 0,0450 |
| 4 | 0,8025 | — 0,5358 | 0,2567 | — 0,1166 | 0,0541 |
| 5 | 0,5879 | — 0,5249 | 0,8379 | — 0,1659 | 0,2420 |
| 6 | 0,7901 | 0,0632 | 0,4967 | — 0,0655 | 0,2261 |
| 7 | 0,9923 | 0,6519 | 0,1556 | 0,0349 | 0,2103 |

Tabulka VI

Složení ochranných voskových krytů vytypovaných počítačem

| Označení směsí | Obsah jednotlivých složek ve hmot. % | | | | | |
|----------------|--------------------------------------|------------|----------|------------|----------|---------|
| | ceresin | včelí vosk | ozokerit | hovězí lůj | kalafuna | parafin |
| 1 | 23,3 | 19,2 | 19,7 | 5,4 | 2,2 | 30,2 |
| 2 | 24,7 | 17,2 | 13,6 | 5,3 | 2,1 | 37,1 |
| 3 | 23,6 | 17,2 | 18,0 | 5,0 | 2,6 | 33,6 |
| 4 | 24,0 | 12,3 | 14,4 | 4,4 | 2,6 | 42,3 |
| 5 | 22,9 | 12,4 | 18,8 | 4,2 | 3,1 | 38,6 |
| 6 | 24,0 | 15,3 | 16,3 | 4,7 | 3,1 | 36,6 |
| 7 | 25,0 | 18,2 | 13,7 | 5,1 | 3,0 | 35,0 |

Tabulka VII

Bodování ochranných voskových krytů vybraných počítačem, stanovené výpočtem z regresních rovnic 10 až 14

| Označení směsi | Hodnocená vlastnost | | | | |
|----------------|---------------------|------|------------|--------|---------|
| | rytí | mytí | podleptání | trhání | ostrost |
| 1 | 2,5 | 2,5 | 2,0 | 1,75 | 2,0 |
| 2 | 2,5 | 2,5 | 2,25 | 1,5 | 1,75 |
| 3 | 2,5 | 2,5 | 2,25 | 2,0 | 2,0 |
| 4 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 1,5 | 1,75 |
| 5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,0 | 2,0 |
| 6 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,25 | 2,0 |
| 7 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,0 |

Vliv jednotlivých složek ochranných voskových krytů na jejich vlastnosti

Aby byl zjištěn vliv jednotlivých složek ochranných voskových krytů na jejich vlastnosti, byly regresní koeficienty vyděleny rozpětím v obsahu těchto složek. Tím byly získány hodnoty regresních koeficientů odpovídající zastoupení uvažované složky při záměně 1 hmot. % za parafin (tab. VIII). V tabulce IX jsou tyto hodnoty poděleny nejmenší z nich, čímž byly získány porovnávací hodnoty vzhledem k účinku na sledovanou vlastnost, která je uváděna hodnotou 1.

Tabulka VIII

Hodnoty faktorů udávajících změnu bodového hodnocení jednotlivých vlastností voskového krytu při záměně 1 hmot. % parafinu jinou složkou

| Označení složky | Rytí | Mytí | Podleptání | Trhání | Ostrost |
|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Ceresin | 0,01875 | — 0,01875 | 0,03125 | — 0,03750 | 0,03750 |
| Včelí vosk | 0,01875 | — 0,00625 | 0,03125 | 0,02500 | 0,01250 |
| Ozokerit | 0,00400 | 0,00400 | 0,02080 | 0,00830 | 0,02500 |
| Lůj | — 0,03125 | — 0,05625 | — 0,00625 | 0,02500 | — 0,01250 |
| Kalafuna | — 0,01250 | — 0,01250 | 0,01250 | 0,02500 | 0,07500 |

Tabulka IX

Hodnoty faktorů z tab. VIII., dělené nejnižší hodnotou faktoru pro danou vlastnost

| Označení složky | Rytí | Mytí | Podleptání | Trhání | Ostrost |
|-----------------|--------|---------|------------|--------|---------|
| Ceresin | 4,69 | — 4,69 | 5,00 | — 4,51 | 3,00 |
| Včelí vosk | 4,69 | — 1,56 | 5,00 | 3,01 | 1,00 |
| Ozokerit | 1,00 | 1,00 | 3,33 | 1,00 | 2,00 |
| Lůj | — 7,81 | — 14,10 | — 1,00 | 3,01 | — 1,00 |
| Kalafuna | — 3,13 | — 3,13 | 2,00 | 3,01 | 6,00 |

Jednotlivé složky, obsažené v ochranných voskovacích krytech ovlivňují jejich vlastnosti takto:

ceresin — zlepšuje smývání krytu a zamezuje jeho trhání při rytí,
 včelí vosk — zhoršuje všechny sledované vlastnosti kromě smývání krytu,
 ozokerit — zlepšuje přilnavost krytu ostatní vlastnosti neovlivňuje,
 hovézí lůj — podstatně zlepšuje rytí a snímání krytu. Jako jedinný ze všech složek
 zlepšuje přilnavost, negativně ovlivňuje trhání krytu,
 kalafuna — zlepšuje rytí a smývání krytu, ale podstatně méně než lůj. Ostatní
 vlastnosti zhoršuje.

ZÁVĚR

Metodou kráceného faktorového experimentu byly určeny regresní rovnice vyjadřující vztah mezi složením a vlastnostmi ochranného voskového krytu, což umožnilo nalezení takového složení krytu, který vykazoval optimální vlastnosti (snadnost smývání, rytí, dobrou přilnavost k povrchu skla, stálost krytu proti trhání při rytí dekoru, ostrost linky vyleptaného vzoru atd.). Optimální složení voskového krytu je uvedeno v tab. X. Z regresních koeficientů byly vypočteny faktory, charakterizující vliv jednotlivých složek obsažených ve voskovém krytu na jeho vlastnosti. Bylo zjištěno, že přídavek hovézího loje zlepšuje všechny sledované vlastnosti

Tabulka X

Výsledné, optimální složení ochranného voskového krytu (hmot.%)

| Označení složek | Obsah složek ve hmot. % |
|-----------------|-------------------------|
| Parafín | 36,30 |
| Ceresin | 23,90 |
| Včelí vosk | 16,00 |
| Ozokerit | 16,30 |
| Hovézí lůj | 4,90 |
| Kalafuna | 2,60 |

Optimální složení bylo vypočteno jako průměrné složení počítačem vybraných směsí.

až na trhání krytu. Nejvíce ovlivňuje smývání krytu, čímž vlastně neguje vyšší obsah parafínu. Parafín zvyšuje naopak mechanickou pevnost ochranné vrstvy. Obě složky se tedy vzájemně doplňují. Ceresin se přidává do směsi jako náhrada včelího vosku. Obě složky ovlivňují vlastnosti krytu obdobně; liší se pouze v ovlivnění trhání voskového krytu při rytí dekoru. Ceresin trhání zamezuje a včelí vosk ho podporuje. To potvrzuje i skutečnost, že včelí vosk je při prorývání tvrdší než ceresin. Uvedená metoda kráceného faktorového experimentu, jakož i metodika vyhodnocování, byla úspěšně využita při studiu vlastností ochranného voskového krytu a umožnila určit optimální složení, které lze využít i v praxi.

Literatura

- [1] Haberle Z., Skřivan M.: Informativní přehled SVÚS XI, č. 1—2, Hradec Králové 1968.
 [2] Šašek L.: Silikáty 16, 209 (1972).

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ВОСКОВОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДЕКОРИРОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННОГО СТЕКЛА ГРАВИРОВАНИЕМ

Ладислав Шаšek, Гана Мейсснерова, Зденек Бичек

*кафедра технологии силикатов Химико-технологического института,
166 28 Прага*

С помощью метода сокращенного факторного эксперимента устанавливали регрессивные уравнения, выражающие отношение между химическим составом и свойствами защитного воскового покрытия. Таким образом можно установить химический состав покрытия, обладающего оптимальными свойствами (хорошая смываемость, легкое гравирование, хорошая прилипаемость к поверхности стекла, устойчивость покрытия на разрыв при гравировании декора, резкость линии травленого узора и т.д.). Оптимальный состав воскового покрытия, установленный с помощью вычислительной машины в виде среднего состава 7 найденных смесей, приводится в табл. X. Из регрессивных коэффициентов рассчитали факторы, характеризующие влияние отдельных компонентов, содержащихся в восковом покрытии на его свойства. Было установлено, что добавка говяжьего жира улучшает все рассматриваемые свойства, в том числе и разрыв покрытия. Наибольшее влияние оказывает на смываемость, иначе говоря, исключает действие большего содержания парафина в смеси. Наоборот, парафин повышает механическую прочность защитного слоя. Следовательно, оба компонента дополняют друг друга. Церезин добавляют в смесь в качестве заменителя пчелиного воска. Оба компонента оказывают влияние на свойства смеси подобным образом. Только на разрыв смеси их влияние расходится. Церезин разрыв подавляет, в то время как пчелиной воск его поддерживает. Свидетельством того является факт, что пчелиной воск при гравировании оказывается более твердым, чем церезин. Приводимый метод сокращенного факторного эксперимента с успехом использовали при исследовании свойств защитного воскового покрытия. С помощью упомянутого метода можно установить оптимальный состав, предназначенный непосредственно для практики.

- Рис. 1. Пробы стекол с травленным декором. Съёмки получены посредством фотоувеличителя, увеличено в 10 раз. Левая часть рисунка — хорошо травленный декор, правая часть — нехорошо травленный декор.*
- Рис. 2. Изображение травления и разрывания воскового покрытия. Съёмка получена посредством микроскопа, увеличено в 150 раз.*
- Рис. 3. Профиль травленного узора. Съёмка получена посредством микроскопа, увеличено в 100 раз.*
- Рис. 4. Установление профиля хорошо травленного узора с помощью профиломера Talisurf 4. Увеличение в вертикальном направлении в 500 раз, в горизонтальном — 100 раз.*
- Рис. 5. Установление профиля нехорошо травленного узора с помощью профиломера Talisurf 4. Увеличение в вертикальном направлении в 500 раз, в горизонтальном — в 100 раз.*
- Рис. 6. Запись равномерности травленного дна бороздки в продольном направлении, полученная с помощью профиломера Talisurf 4. Увеличение в вертикальном направлении в 500 раз, в горизонтальном — в 20 раз.*

A METHOD FOR DETERMINING THE OPTIMUM COMPOSITION OF THE PROTECTIVE WAX COATING FOR THE DECORATION OF UTILITY GLASS BY THE ETCHING TECHNIQUE

Ladislav Šašek, Hana Meissnerová, Zdeněk Bicek

Institute of Chemical Technology, Department of the Technology of Silicates, 166 28 Prague

The method of curtailed factor experiment was used for establishing the regression equations expressing the relation between chemical composition and properties of the protective wax coating which would exhibit the optimum properties (ease of washing away, engraving, good adhe-

sion to the glass surface, stability with respect to tearing during the decor engraving, sharpness of the etched decor line, etc.). The optimum composition of the protective wax coating is listed in Table X as a mean of the 7 compositions determined by the computer. From the regression coefficients, the factors characterizing the effects of the individual coating components on its properties were computed. It was found that an addition of beef lard improved all the properties except for the susceptibility to tearing. Most of all it affects the washing-off property, thus in fact eliminating the influence of a raised paraffin content in the mix. Paraffin improves the mechanical strength of the coating. The two components thus show mutually supplementing effects. Ceresin is added to the mix as a substitute of beeswax. These two components have a similar influence on the properties of the mix except that the former suppresses tearing while the latter promotes it. This is also proved by the fact that beeswax is harder to engrave than ceresin. The method of the curtailed factor experiment has been successfully utilized in the study of the properties of the protective wax coatings and helped find its optimum composition which is directly applicable in practice.

Fig. 1. Glass samples with etched decors, magn. 10×. On the left, a well etched decor. On the right, an unsatisfactory decor.

Fig. 2. Underetching and tearing of the wax coating, magn. 150 ×.

Fig. 3. Section through an etched specimen, magn. 150 ×.

Fig. 4. Profile determination of a well etched specimen using the Talisurf profilometer. Magn. 500 × in vertical direction and 100 × in horizontal direction.

Fig. 5. Profile determination in a badly etched specimen using the Talisurf 4 profilometer. Magn. 500 × in vertical direction and 100 × in horizontal direction.

Fig. 6. Record of the uniformity of an etched groove bottom in longitudinal direction from the Talisurf profilometer. Magn. 500 × in vertical direction and 20 × in horizontal direction.

TERMODYNAMICKÉ TABULKY VYBRANÝCH FÁZÍ V SYSTÉMU CaO—Al₂O₃—SiO₂—H₂O (rozmezí teplot 273,15—1800 °K a $p = 101,325$ kPa). Tabulky dvacetisedmi

fází zahrnují hodnoty c_p° , S° , $\frac{H_T - G_{Tr}^\circ}{T}$, $H_T^\circ - H_{Tr}^\circ$, ΔH_f° , ΔG_f° a $\log K_f^\circ$ vzniku sloučenin

z prvků a také odpovídající reakční entalpie a volné entalpie vzniku sloučenin z oxidů. Všechny data jsou tabelována po intervalech 60 K. (J. L. Haas, G. R. Robinson, B. S. Hemingway: Journ. of Physical and Chemical Reference Data 10, 575 (1981).

Šatava

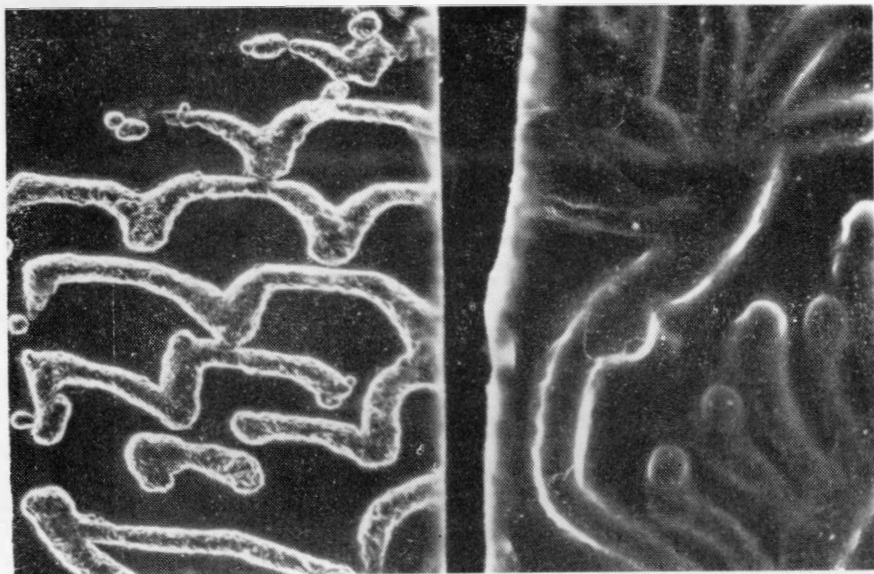
TEORIE A POUŽITÍ CHEMOMECHANICKÝCH JEVŮ autoři ukazují v přehledném referátu současný stav poznatků o chemomechanických jevech v nekovových materiálech. Jde zejména o účinky adsorpce povrchové aktivních molekul na pohyblivost dislokací lokalizovaných blízko povrchu. Je vysvětlen mechanismus působení vody a různých kapalin na urychlení vrtnání nekovových materiálů, např. skla, vápence a různých hornin, a jsou diskutovány příčiny koroze způsobené mechanickým napětím, příčiny únavy kovových materiálů pokrytých oxidovou vrstvou aj. Současně je ukázáno, že řada mechanismů, které se při chemomechanických jevech uplatňuje, není dosud vysvětlena. (A. R. C. Westwood, J. S. Dhearn a J. J. Miles: Colloids and Surfaces 2, 1 (1981).

Šatava

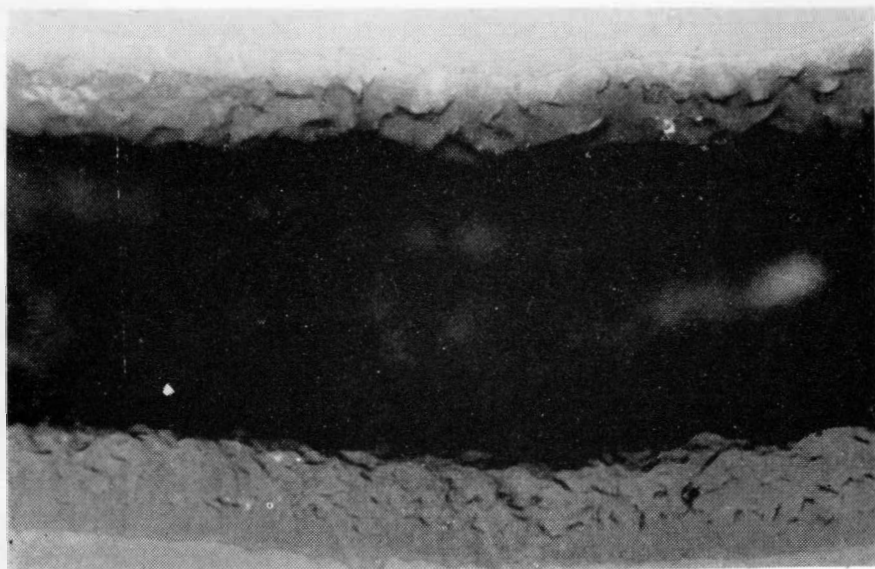
SCIENCE AND TECHNOLOGY OF ZIRCONIA (Věda a technologie materiálů na bázi ZrO₂). Advances of ceramics, Volume I. Redakce A. H. Heuer a L. W. Hobbs. Vydala The American Ceramic Society, Columbus Ohio 1981. 479 str., 287 obr.

Sborník shrnuje 30 příspěvků z 1. mezinárodní konference o vědě a technologii materiálů na bázi ZrO₂, konané 16.—18. června 1980 v Clevelandu. Konferenci, která se konala pod záštitou Case Western Reserve University, navštívilo 175 účastníků z 9 států. Druhá konference se má konat v roce 1983 ve Stuttgartu. Témata jednotlivých příspěvků:

Přehledný referát o ZrO₂. Fázové rovnováhy v některých soustavách se ZrO₂ (s CaO, MgO a s Y₂O₃). Struktura stabilizovaných ZrO₂. Atomové uspořádání v oxidech s aniontovými vakancemi a strukturou fluoritového typu. Martenzitické transformace. Martenzitová krystalografie tetragonálního ZrO₂. Změny mikrostruktury v průběhu izotermního zahřívání částečně stabili-



Obr. 1. Vzorčky skel s vyleptaným dekorem. Snímky pořízeny zvětšovacími přístroji, zvětšení 10krát. Levá část obrázku — dobře vyleptaný dekor. Pravá část obrázku — vyleptaný dekor nevyhovující.



Obr. 2. Zobrazení podleptání u trhání voskového krytu při 150násobném zvětšení, pořízené mikroskopem.