



30th Conference of Experimental Stress Analysis
30. konference o experimentální analýze napětí
2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

RESEARCH INTO RESIDUAL STRESSES IN CERAMIC PRODUCTS

VÝZKUM ZBYTKOVÝCH PNUTÍ V KERAMICKÝCH VÝROBCÍCH

Dolhof V., Weinberg O., Bohdan P., Dobiáš J., Weis R.

The contribution summarizes the knowledge about the verification and application of the semi-destructive drilling method on the example of eight ceramic porcelain products. The results of evaluation of residual stresses incl. their behaviour along the depth are also mentioned. The influence of speed of the product passage on the level of residual stresses and their mutual interaction of glaze and porcelain during their firing in the circular furnace was investigated.

Keywords: Residual stresses, Hole-drilling method, Ceramics, Strain gauges.

Porcelán je řazen mezi polykrystalické, anorganické látky s heterogenní strukturou s četnými dutinami, póry, mikrotrhlinami a dalšími koncentrátoři. Vyskytují se v něm zejména tzv. mikronapětí t. j. zbytková pnutí 2. druhu, která jsou vyvolána objemovými změnami krystalů složek směsi a která buď doprovázejí modifikační přeměny některých fází při určitých teplotách nebo vznikají během ochlazování po výpalu vlivem rozdílných součinitelů teplotní roztažnosti různých složek. Kromě toho vznikají ve výrobcích zbytková pnutí 1. druhu, která byla předmětem zkoumání a která způsobují vznik a případně rozvoj magistralních trhlin po vypálení jednak při chladnutí, ale někdy i při uložení hotových výrobků ve skladu výrobce, případně u zákazníka.

Pro řešení úkolu jsme se rozhodli aplikovat semidestruktivní navrtávací metodu s užitím speciálního vrtacího přípravku. Bylo nutno vyřešit způsob upevnění

přípravku na povrch porcelánu, ověřit vhodný způsob instalace odporových tenzometrů a také technologii vrtání diamantovým vrtákem. Pro vlastní vyhodnocení zbytkových pnutí bylo nutné určit potřebné materiálové charakteristiky (modul pružnosti E a Poissonovo číslo μ) a pro posouzení úrovně zbytkových pnutí i mechanické vlastnosti porcelánu a glazury (pevnost v tahu, tlaku a ohybu). Pro vyhodnocení průběhu zbytkových pnutí po hloubce vrtaného otvoru byla zpracována metodika vyhodnocování, která umožnila určit hodnoty vnitřních pnutí ve vlastní vrstvě glazury a v přilehlé oblasti porcelánu.

1. Metodika měření zbytkových pnutí

Pro měření byly užity tenzometrické růžice typu 3/120 RY 21 firmy HBM, lepené jednosložkovým lepidlem Schnellklebstoff Z 70. Tenzometry a vývodní vodiče byly chráněny proti působení chladicí vody izolační hmotou Abdeck kitt AK 22. Vodičí vrtací pouzdro, které se připevňuje na feromagnetické materiály bodovými svary, bylo na povrch keramiky upevněno příchytkami, přilepenými dvousložkovým rychlolepidlem X 60. Poměrné deformace byly měřeny statickým tenzometrickým můstkem Manual Kompensator MK.

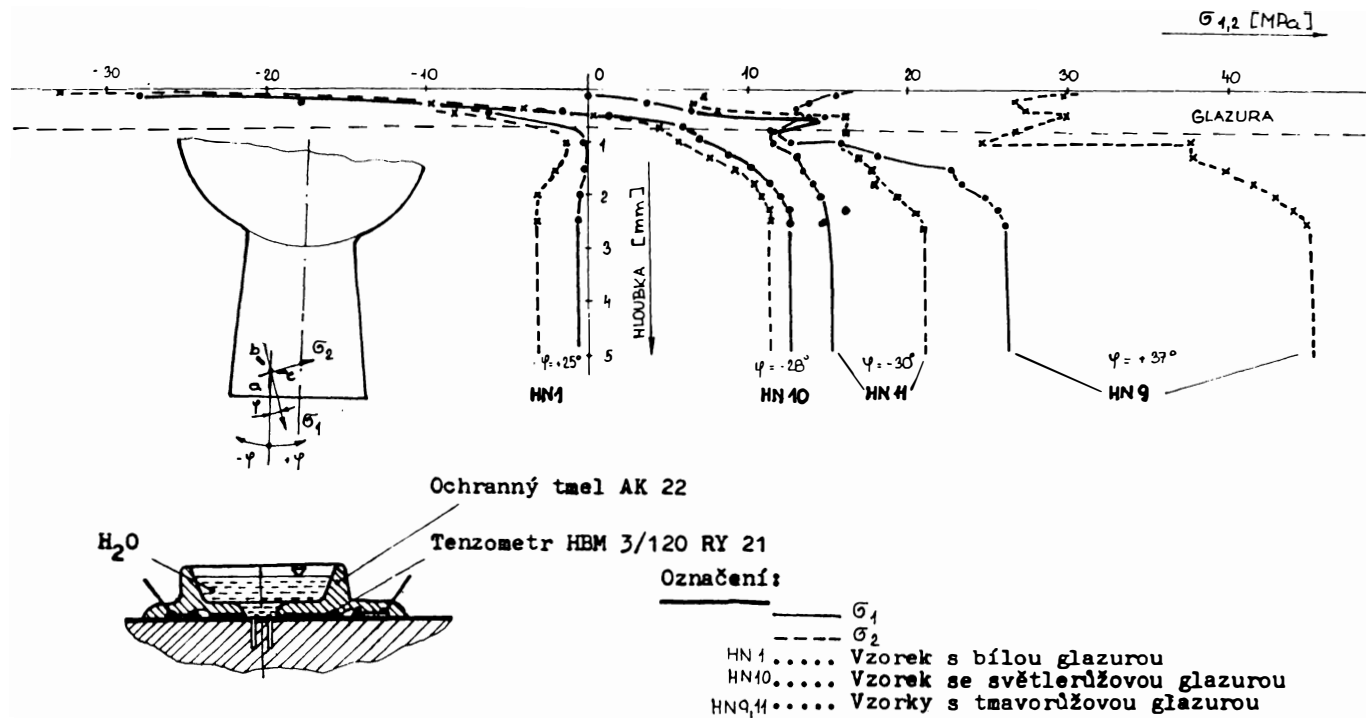
Vyhodnocení se provádělo v souladu s ASTM E837-85 a lit. [1]. Průměrná hodnota modulu pružnosti E z 12 hodnot je 71500 MPa a průměrná hodnota Poissonova čísla $\mu = 0,185$. Rozptyl obou konstant nepřevýšil hodnotu $\pm 8\%$.

2. Shrnutí výsledků

Z výsledků všech uskutečněných experimentů vyplývá:

- a) Nejprůzračnější hodnoty a průběhy pnutí, t. j. tlaková pnutí v glazuře a velmi nízká pnutí cca ± 3 MPa v porcelánu, byly zjištěny ve vzorcích HN 0, 1, 3 a 6 s bílou glazurou. Vliv rychlosti posunu vypalování při 24, 26 a 28 min. na úroveň zbytkových pnutí nebyl prokázán.
- b) Přijatelné hodnoty pnutí t. j. tlaková pnutí v glazuře a poměrně vyšší hodnoty tahových pnutí $+11$ až $+13$ MPa v porcelánu, byly zjištěny v nádobě HN 10 se světlorůžovou glazurou.
- c) Nepřijatelně vysoká pnutí, t. j. vysoká tahová pnutí až $+30$

Obr. 1. Průběhy zbytkových pnutí v porcelánových výrobcích



MPa resp. +16 MPa v glazuře a ještě vyšší tahová pnutí v porcelánu, byla zjištěna v nádobě HN 9 a obdobná tahová pnutí v nádobě HN 11 s tmavorůžovou glazurou.

3. Závěr

Pro vznik zbytkových pnutí 1. druhu je rozhodující zejména druh glazury a střepu, jejich chemické složení, které určuje součinitele teplotní roztažnosti a také jejich tloušťka. Po nanesení na povrch výrobku se glazura při ohřevu roztaví a pevně spojí s povrchem porcelánu. V případě rozdílných součinitelů teplotní roztažnosti glazury α_g a porcelánu α_p vzniká ve výrobku v průběhu ochlazování po vypalování vnitřní pnutí, které v něm zůstává jako trvalé zbytkové pnutí. Je-li součinitel α_g menší než α_p , vzniká na povrchu výrobku tlakové pnutí (v našem případě pravděpodobně bílá příp. světlerůžová glazura), v opačném případě vzniká na povrchu tahové pnutí (tmavorůžová glazura).

Kromě druhu glazury mohou úroveň zbytkových pnutí ovlivnit geometrický tvar výrobku, složení střepu porcelánu, fázové transformace jeho složek při vypalu resp. ochlazování a jiné vlivy, jejichž identifikace by vyžadovala podrobné zkoumání.

Experimentální výzkum pnutí v keramických porcelánových výrobcích prokázal, že je nutné znát velikost zbytkového pnutí ve výrobku po vypálení, aby bylo možno v případě vysokých tahových pnutí optimalizovat složení glazury a střepu příp. jejich tloušťku.

Použitá literatura

- [1] Dolhof V., Weinberg O., Bohdan P.:
Výzkum zbytkových pnutí v keramických výrobcích.
Výzkumná zpráva VZVÚ Škoda, Plzeň, 1991.

Václav Dolhof/Ing.CSc., Otakar Weinberg/Ing., Petr Bohdan/Ing.
ŠKODA,koncern,Plzeň a.s., Ústřední výzkumný ústav, 316 00 Plzeň
Telefon (019) 514, 1. 861, /FAX (019) 220762

Jan Dobiáš/Ing.
Jihočeská keramika a.s.,
391 65 Bechyně
Tel.(737) 961706,1.121
FAX (737) 961771

Rupert Weis/Ing.
Keramické závody s.p.
670 40 Znojmo
Tel.(0624) 6081
FAX (0624) 6857