



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU

## K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

201757  
(11) (B1)

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
C 08 L 79/08

(22) Přihlášeno 14 08 78  
(21) (PV 5298-78)

(40) Zveřejněno 31 03 80

(45) Vydáno 15 08 82

(75)

Autor vynálezu

STŘESKA MIROSLAV dipl. tech. a KRÍŽ JAROSLAV ing. CSc., PRAHA

### (54) Elektroizolační lak na bázi modifikovaného polyesterimidu

Vynález se týká složení elektroizolačního laku a řeší problém surovinově dobře přístupného tepelně odolného laku o zvýšené reaktivitě a dobré ředitelnosti.

Ze známých elektroizolačních laků, vhodných též pro impregnace, dosahují všestranné tepelné odolnosti nad 160 °C laky na bázi modifikovaných polyesterimidů a polyisokyanuresterimidů. Známé laky na bázi polyesterimidů, modifikovaných převážně nasycenými monofunkčními alifatickými kyselinami nebo jejich hydroxyderiváty, a fenolformaldehydových rezolů však při teplotách do 135 °C mají poměrně nízkou reaktivitu, která se projevuje dlouhou dobou gelování a značnou termoplasticitou vytvrzeného povlaku. Známé laky na bázi modifikovaných polyisokyanuresterimidů nebo již uvedených polyesterimidů a maskovaných polyisokyanátů vykazují sice dostatečnou reaktivitu, ale nejsou ředitelné běžnými rozpouštědlovými směsmi, obsahujícími alkoholy, a vyžadují ke své přípravě obtížněji přístupné alkylglykolestery. Polyisokyanáty, používané v těchto lacích, jsou navíc hůře přístupné než fenolformaldehydové rezoly a vyznačují se omezenou stabilitou vůči vlhkosti a jiným nečistotám, obsaženým v průmyslově používaných rozpouštědlech.

Uvedené nedostatky odstraňuje elektro-

isolační lak podle vynálezu, vhodný zvláště pro impregnace, který obsahuje 21 až 44 % hmotnostních modifikovaného polyesterimidového polykondenzátu, obsahujícího volné hydroxylové skupiny v koncentraci 1,2 až 3,0 miliekvivalentů OH/g a reaktivní dvojně vazby v koncentraci 2,0 až 4,0 miliekvivalentů C=C/g a který je reakčním produktem ethylenglykolu, glycerinu, kyseliny isoftalové, alifatické monokarboxylové kyseliny o 12 až 22 uhlíkových atomech a 1 až 3 dvojných vazbách v alifatickém řetězci, nebo její směsí s nejvýše 20 % hmotnostními nasycenými dikarboxylové nebo monokarboxylové alifatické kyseliny o 6 až 20 uhlíkových atomech, trimellitanhydridu a bis-(4-aminoaryl) methanu, kde aryl je fenyl, 3-methylfenyl nebo 3-ethylfenyl, 6 až 16 % hmotnostních reaktivního fenolformaldehydového rezolu nebo jeho produktu, eterifikovaného alkoholem o 1 až 8 uhlíkových atomech, z něhož může být až 20 % hmotnostních nahrazeno reaktivním melaminformaldehydovým polykondensátem, částečně eterifikovaným alkoholem o 1 až 8 uhlíkových atomech, a 45 až 70 % hmotnostních rozpouštědel střední polaritě o případně do 0,5 % hmotnostních katalyzátoru tvrzení, jímž je zinečnatá sůl organické kyseliny nebo její roztok v organickém rozpouštědle.

Jako reaktivní rezol je zejména vhodný částečně eterifikovaný fenolformaldehýdový polykondenzát o střední molekulové hmotnosti 650 až 900, obsahující 2,5 až 3,5 miliekvivalentů/g reaktivních hydroxymethylových skupin a 3,4 až 4,5 miliekvivalentů/g butoxymethylových skupin. Tento rezol může být částečně nahrazen neúplně eterifikovaným melaminformaldehýdovým polykondensátem o střední molekulové hmotnosti 600 až 900, obsahujícím 2,8 až 3,5 miliekvivalentů/g hydroxymethylových skupin a 3,0 až 4,8 miliekvivalentů/g butoxymethylových skupin.

Lak uvedeného složení má tu výhodu, že dvojné vazby alifatického řetězce reagují za podmínek vypalování s fenolickým síťovadlem a zapojují tak alifatický řetězec do pevných trojrozměrných struktur. V důsledku toho se snižuje doba gelování laku na 2,5 až 4,0 hodin při 125 až 140 °C, tj. snižuje se o 1 až 2 hodiny proti lakům na bázi polyesterimidů, modifikovaných převážně nasycenými alifatickými kyselinami nebo jejich hydroxyderiváty. Reakce alifatického řetězce se síťovadlem popřípadě jeho vlastní polymerační reakce vede jednak k chránění tohoto řetězce před degradací při dlouhodobém tepelném zatížení, jednak k celkovému dokonalejšímu zesílení celého systému. Zatímco jinak modifikované polyesterimidy poskytují s fenolformaldehýdovými rezoly bezprostředně při vypálení pouze nedokonale zesítené, částečně lineární polymerní systémy, které se vyznačují značnou termoplasticitou a zlepšují své vlastnosti teprve po dlouhodobém zahřívání, lak podle vynálezu vytváří za podmínek vypalování jednoznačně trojrozměrnou strukturu, která odolává mechanickým deformacím až do 180 °C, popřípadě 200 °C. To je z technologického hlediska významná vlastnost zejména při impregnacích rotorů velkých elektromotorů, u nichž dochází při rozběhu k významnému přehřátí a zároveň k náhlému mechanickému zatížení odstředivou silou.

Uvedené zvýšení schopnosti rychlého síťování se projevuje zejména, obsahuje-li modifikující alifatická složka polyesterimidu konjugované dvojné vazby. Na druhé straně ovšem tyto reaktivní skupiny, pokud nezreagují s fenolformaldehýdovým thermosetem, představují potenciální centra thermooxidační reakce se vzdušným kyslíkem. Podle našich zjištění však tento děj vede k rychlé tvorbě silněji zesítené tenké vrstvy na povrchu lakového filmu, která zabraňuje difusi dalšího kyslíku do hlubších vrstev a zároveň difusi eventuálních degradačních produktů k povrchu. Důsledkem této skutečnosti je autoinhibiční průběh degradace, který vede naopak k nížení hmotnostních úbytků laku za podmínek tepelného zatížení ve srovnání s laky na bázi jinak modifikovaných polyesterimidů. Eventuální pokles elasticity, doprovázející tento síťovací proces, nepředstavuje při moderních konstrukcích izolace elektromotorů vážnou závadu. Ostatní vlastnosti laku, jako je izolační odpor, odolnost vůči vodě, ztrátový fak-

tor a odolnost vůči průrazu vysokým napětím za normální a zvýšené teploty jsou uvedeným procesem síťování buď nedotčeny nebo naopak příznivě ovlivněny.

Ve srovnání s laky na bázi modifikovaných polyisokyanuresterimidů a maskovaných polyisokyanátů, které ke své přípravě a k ředění vyžadují obtížněji přístupné alkyglykolacetáty nebo poměrně agresivní cyklické ketony, jsou laky podle vynálezu téměř neomezeně ředitelné aromáty nebo jejich běžnými směsmi s alkoholy jako je butanol. Také stabilita laků podle vynálezu vůči vlhkosti a vůči eventuelním změnám složení rozpouštědlové směsi během skladování a zpracování je zlepšena. Obě skutečnosti významně rozšiřují použitelnost a snižují nákladnost popsaných typů elektroisolačního laku.

#### Příklad 1

345 g modifikovaného polyesterimidu o obsahu 0,320 miliekvivalentů karboxylových skupin/g, 1,75 miliekvivalentů hydroxylových skupin/g a 3,2 miliekvivalentů dvojných vazeb/g, připraveného polykondenzací mastných kyselin sojového oleje, kyseliny isoftalové, trimellitanhydridu, bis-(3-methyl-4-aminofenyl)methanu, ethylenglykolu a glycerinu, dále 115 g fenolformaldehýdového rezolu o průměrné molekulové hmotnosti 730 a obsahu 2,74 miliekvivalentů hydroxymethylových skupin/g a 4,11 miliekvivalentů butoxymethylových skupin/g, 135 g butanolu, 405 g xylenu a 2 g naftenátu zinečnatého po vzájemném rozpuštění poskytnou čirý lak o výtokové době z pohárku 4 mm 79 sekund/20 °C, neomezeně ředitelný xylenem a jeho obvyklými směsmi s butanolem. Lak geluje za 3,8 hodin při 125 °C a poskytuje při téže teplotě za 16 hodin dokonalý gel, který nepodléhá tepelné deformaci do 200 °C. Lak, vytvrzený na skelné tkanici při 125 °C, má elektrickou pevnost 115 kV/mm a vykazuje pokles této pevnosti za 50 dní na 93 % při 180 °C a na 87 % při 200 °C. Hmotnostní úbytky lakového filmu na hliníkové fólii činí 14,6 % při 180 °C a 25,2 % při 200 °C za 50 dní. Lak nenapadá vodiče, lakované polyesterimidem, a je vhodný zejména pro impregnace vinutí elektrických strojů, pracujících v tepelné třídě F–H.

#### Příklad 2

319 g modifikovaného polyesterimidu o obsahu 0,292 miliekvivalentů karboxylových skupin/g, 2,01 miliekvivalentů hydroxylových skupin/g a 3,4 miliekvivalentů dvojných vazeb/g, připraveného polykondenzací mastných kyselin dehydratovaného ricinového oleje, kyseliny isoftalové, trimellitanhydridu, bis-(3-methyl-4-aminofenyl)methanu, ethylenglykolu a glycerinu, dále 105 g fenolformaldehýdového polykondensátu, uvedeného v příkladu 1, 5 g butolovaného melaminformaldehýdového polykondenzátu o obsahu 3,1-miliekvivalentů hydroxymethylových skupin/g a 4,32 miliekvivalentů butoxymethylových skupin/g, 142 g butanolu, 428 g xylenu a 2 g oktoátu zinečnatého po vzájemném rozpuštění poskyt-

nou čirý lak o výtokové době z pohárku 4 mm 70 sekund/20 °, neomezeně ředitelný xylenem a jeho obvyklými směsmi s butanolem. Lak geluje za 3,6 hodin při 125 °C a poskytuje při téže teplotě za 16 hodin dokonalý gel, který nepodléhá tepelné deformaci do 200 °C. Lak vytvrzený na skelné tkanici při 125 °C, má elektrickou pevnost 111 kV/mm a vykazuje

pokles této pevnosti na 95 % při 180 °C a na 86 % při 200 °C za 50 dní. Hmotnostní úbytky lakového filmu, vytvrzeného při 125 °C na hliníkové fólii, činí 14,2 % při 180 °C a 23,8 % při 200 °C za 50 dní. Lak vyhovuje zejména pro impregnace vinutí elektrických strojů, pracujících v tepelné třídě F–H.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Elektroizolační lak, vhodný zvláště pro impregnace, vyznačený tím, že obsahuje 21 až 44 % hmotnostních modifikovaného polyesterimidového polykondenzátu, obsahujícího volné hydroxylové skupiny v koncentraci 1,2 až 3,0 miliekvivalentů/g a reaktivní dvojné vazby v koncentraci 2,0 až 4,0 miliekvivalentů/g a který je reakčním produktem ethyleneglykolu, glycerinu, kyseliny isoftalové, alifatické monokarboxylové kyseliny o 12 až 22 uhlíkových atomech a 1 až 3 dvojných vazbách v alifatickém řetězci, nebo její směsi s nejvýše 20 % hmotnostními nasycené dikarboxylové nebo monokarboxylové kyseliny o 6 až 20 uhlíkových atomech trimellitanyd-

ridu a bis-(4-aminoaryl)methanu, kde aryl je fenyl nebo 3-methylfenyl nebo 3-ethylfenyl, 6 až 16 % hmotnostních reaktivního fenolformaldehydového rezolu nebo jeho produktu eterifikovaného alkoholem o 1 až 8 uhlíkových atomech, z něhož může být až 20 % hmotnostních nahrazeno reaktivním melaminformaldehydovým kondensátem, částečně eterifikovaným alkoholem o 1 až 8 uhlíkových atomech, a 45 až 70 % hmotnostních rozpouštědel střední polarit y a případně do 0,5 % hmotnostní katalyzátoru tvrzení, jímž je zinečnatá sůl organické kyseliny nebo její roztok v organickém rozpouštědle.