

Znalecký posudek
o příčinách poruch podlah [REDACTED]
[REDACTED]

69 stran

23. 9. 1677

Ing. CSc. Richard A. B a r e š
c/o Ústav teoretické a aplikované mechaniky
Československá akademie věd
128 49 P r a h a 2, Vyšehradská 49

Z n a l e c k ý p o s u d e k

o příčinách poruch podlah [REDAKCE]

Čj. Z 44/154/77
Praha, 23.9.1977

Dne 13.11.1976 obdržel jsem žádost np. Konstruktiva, závod Přidružená výroba, Praha 1, Wasingtonova 5 (objednávka č. 082/81/99/76/B97/76 ze dne 9.11.1976) o zhodnocení závad plastbetonových podlah ve výrobní hale [REDAKCE], a o zjištění příčin vzniku těchto závad. Investorem byly podlahy převzaty 8.11.1974, v prodloužené záruční lhátě 36 měsíců vznikají opakované závady. Tento posudek má být podkladem pro další reklamační, příp. arbitrážní řízení mezi investorem, generálním dodavatelem a dodavatelem podlahy.

Prohlídku objektu jsem provedl na místě dne 4.1.1977

ze přítomnosti tech. námětky odboru řízení kontroly jakosti np. Konstruktiva Ing. Kocourka, zást. np. Konstruktiva s. B. Kusila, pracovníka vývoje np. Konstruktiva s. Chláčka, zástupců závodu Přidružená výroba np. Konstruktiva s. Wünsche a s. Trnky, zást. generálního dodavatele np. Konstruktiva s. Krubého, zást. investora s. Kopfa a gen. projektanta Ing. arch. Peka s Projektového ústavu generálního ředitelství mlýná a pekáren.

Při této návštěvě jsem se seznámil s názory jednotlivých stran na příčiny poruch i na způsob výroby podlahoviny. Tenté den jsem rovněž odebral několik vzorků podlahoviny.

Dne 16. 2. 1977 vykonal jsem se přítomností s. Ing. M. Štreibla s Ústavu organické chemie a biochemie ÚSAV v Praze, kterého jsem se souhlasem objednatele přizval jako konzultanta pro obor chemie, druhou prohlídku porušených podlah a odebral jsem nové vzorky nezbytné k dokončení započatých analýz. V dubnu 1977 byly pak ještě odebrány k ověření některých analytických výsledků další vzorky.

N á l o z

1 Historie stavby

Ve výrobní hale pekáren, jež se rozkládá v přízemí objektu provozní budovy a technologické věže, byla navržena

projektantem podlahovina z plastbetonu. Investor po svých špatných zkušenostech s podlahovinou na bázi plastů provedenou ve VVZ Pankrác žádal 21. 6. 1972 změnu podlahoviny na keramickou, příp. litinovou dlažbu. Generální dodavatel tento požadavek neodsouhlasil a nabídl provedení vzorku podlahoviny na místě /zápis z kontrolního dne 8. 12, ze dne 25. 1. 1973/. Později bylo rozhodnuto, že namísto podlahovin vyvinutých závodem Přidružená výroba np. Konstruktiva bude aplikována podlahovina Betoplast, běžně prováděná a dodávaná np. Arzabeton. K tomu účelu byl národním podnikem Konstruktiva předán národním podnikem Arzabeton příslušný oborový technologický předpis TEP 12/73 "Podlahy Betoplast", schválený generálním ředitelstvím Průmyslové stavitelství Brno s účinností 1. 10. 1973. Doslovným opisem zmíněného předpisu vznikl "Technologický předpis - Polyesterový plastbeton" vydaný np. Konstruktiva, závod Přidružená výroba Freha s platností od 1. 2. 1974. S platností od 1. 5. 1974 byl pak vydán ZPV - np. Konstruktiva nový technologický předpis "Polyesterový plastbeton", jež je ve skutečnosti neuspůsobanou a neúplnou kopií předchozího; postrádá logickou stavbu i hlavní technologické údaje /např. složení jednotlivých vrstev podlahoviny/.

Štěrkopískové násypy a podkladní beton ve výrobní hale byly prováděny postupně od r. 1969 do r. 1973. Podle zápisu ve stavebním deníku 39/36 z 5. 11. 1973 byla tohoto dne výrobní hala převzata investorem pro montáž pečí.

Topení bylo uvedeno do provozu podle stavebního deníku 36/36 po tepné zkoušce 8. 11. 1973.

Podle zápisu o poradě zástupců investora, Konstruktivy s Armebetonu dne 23. 1. 1974 bylo - po odsouhlasení podlahoviny Betoplast generálním projektantem /viz stavební deník 46/37 z 22. 1. 1974/ - požadováno i podkladní beton pod Betoplast /podložka/ min. tloušťka 5 cm, vystužený sítí s oky 15 x 15 cm, pevnost betonu minimální 170 kg/cm², úroveň 2 cm pod ± 0, maximální nerovnost ± 5 mm na 2 m délky, tloušťka Betoplastu 2 cm, počátek pokládání Betoplastu po 6 týdnech tvrdnutí podložky.

Generální projektant souhlasil s podlahou z Betoplastu /stavební deník 46/37 z 12. 1. 1974/ s tím, že kromě polí A - C, řada 1 - 8 /tj. v technologické věži/ se nebudou vodorovné izolace proti vodě provádět /v části A - C/1 - 8 se izolace ukončí u kanálků, přes něž nebude procházet), dále s tím, že dilatace mezi technologickou věží a provozní budovou budou provedeny do zakotvených úhelníků a konečně s tím, že podkladní beton /podložka/ se vystuží svařovanou síťovinou. Obdobný zápis byl učiněn generálním projektantem 5. 2. 1974 /stavební deník 09/38/; je v něm spekováno, že v provozní budově se izolace proti vodě nebude provádět.

Podle zápisu ve stavebním deníku 33/38 z 6.3. 1974 povoluje investor provádění podložky pod Betoplast, počínaje od pole CD - F - G v řadách 1 - 4.

Podle zápisu ve stavebním deníku 41/38 z 14. 3. 1974 předá investor do 15. 4. 1974 stavbě pro provádění podložky část provozní budovy v polích MN - VX, řada 1 - 8. Práce na výrobě podložky byly zahájeny od pole VX řady 1 - 8 dne 18. 3. 1974.

Dne 27. 5. 1974 podle stavebního deníku 91/3 převzal investor B - položku na Betoplast.

Dne 15. 7. 1974 podle stavebního deníku 07/42 a deníku ZPV Konstruktiva str. 2 převzal ZPV podložku v rozsahu poli MN - VX řady 1 - 8 a zahájil práce na pokládání podlahoviny Betoplast. K tomuto dni byly ukončena betonář podložky v poli B - H řady 9 - 8.

Dne 17. 7. 74 upozorňuje však Konstruktiva - závod 1 stavbu na nezbytnost řádného protiskolárního předání a převzetí pracoviště mezi stavbou a závodem. Přidružená výroba a dne 14. 8. 1974 žádá znovu dodání podmínek pro Betoplast.

Dne 24. 7. 1974 obdržela stavba, investor a generální projektant od ZPV Konstruktiva Technologický předpis na provádění Betoplastu /stavební deník 16/42/.

Podle stavebního deníku 92/44 /výpis ze stavebních deníků provedených stav. Novákem 10. 2. 1977/ byla dokončena podlahovina Betoplast v poli L - VX řad 1 - 8 dne 8. 1. 1975, nosná vrstva Betoplastu byla ukončena 22. 11. 1974. Po nosné

vrstvě Betoplastu podle deníku ZFV Konstruktiva str. 5 z 11. 10. 1974 smýká investor technologická zařízení při jejich instalaci. Podle deníku ZFV - Konstruktiva str. 7 převzal investor do používání podlahovinu v hale již 8. 11. 1974.

První poruchy podlahoviny byly konstatovány v květnu 1975 /vydatě, oddělení povrchové vrstvy od nosné, popraskané trhliny od místa mechanického proražení povrchové vrstvy/ v prostoru východu z expedice a v prostoru mechanizovaných linek na chleba. Po odstranění povrchové vrstvy bylo zjištěno, že nosná vrstva je nepevná, drolicí se až měkká. Podle zápisu z 27. 8. 1975 měl dodavatel do 6 týdnů podat investorovi písemný posudek s rozбором příčin porušení podlahy a návrhem definitivního řešení. Zároveň byl teplotní posudek vypracován a předán investorovi není známo.

Dne 1. 4. 1976 však bylo uskutečněno další jednání za přítomnosti všech stran, při kterém bylo konstatováno, že k popsaným poruchám dochází již po několikaleté a je nezbytné nalézt definitivní způsob rekonstrukce. Za původ poruch byly při tomto jednání označeny vlhkost, jež způsobila uskřížení nosné vrstvy, odtržení povrchové vrstvy a její popraskání a důsledkem dalšího vnikání vlhkosti do podlahového systému a tím dalším rozšiřování poruch.

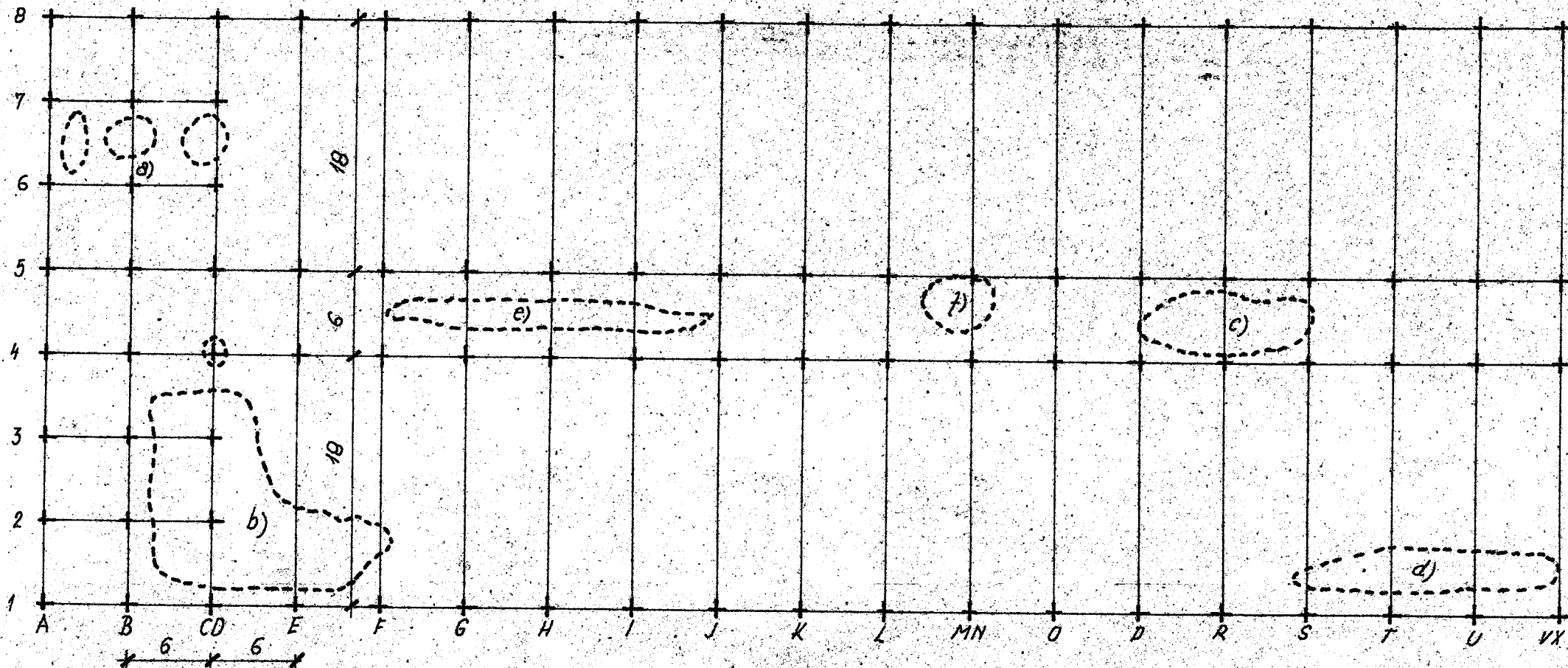
Dne 9. 7. 1976 žádá investor komplexní opravu poruch včetně zabránění vnikání poruch dalších.

Na schůzce stran 7. 10. 1976 bylo konstatováno, že příčiny poruch a způsob opravy mají být objasněny expertizou s národním podnikem Konstruktiva spolupracujícími znalci doc. J. Jeřábek a Nováček a do vydání expertizy nebudou další opravy prováděny. Obě znalci však posléze vypracování posudku odmítli.

2. Výsledek prohlídky

Podepsaný znalec po prohlídce objektu a prostudování dostupné dokumentace konstatuje, že ve výrobní hale byla položena podlahovina z polyesterového plastbetonu s povrchovou úpravou, zvaná v jejím mateřském podniku /Armabeton np. Praha/ Betoplast. Nebyla nalezena žádná z podlahovin vyvinutých nebo používaných v np. Konstruktiva /Durolit, Durabet příp. Stavek/ ani v podkladech často zmiňované podlahoviny Fortit s výjimkou míst oprašovaných, kde po místním stržení povrchové vrstvy Betoplastu byla aplikována některá ličiv, příp. stěrková podlahovina na bázi epoxidových pryskyřic [obr. 2].

Prohlídka znalcem potvrdila již dříve několikrát konstatovaný stav: na různých místech v provozní budově i technologické věži došlo k poruchám povrchové vrstvy podlahoviny. Povrchová vrstva se mechanickým namáháním porušila /promáčkla, prorazila/ [obr. 3,4] a od takového místa se v ní počly šířit paprskovitě trhliny [obr. 8,10]. Fotě docházelo k od-



Obr. 1 Půdorysné schéma přízemí technologické věže a provozní budovy a oblasti hlavního výskytu poruch

tržení od nosné vrstvy podlahoviny a miskovitěmu zdvihání okrajů povrchové vrstvy [obr. 7,8]. Ke stejnému jevu docházelo i v místech, kde byla podlahovina ukončena nebo přerušena /u základu pecí, u dílstecí/ [obr. 3,9,10]. Po odkrytí povrchové vrstvy bylo zjištěno, že v některých místech je nosná vrstva podlahoviny porézni, drobně a nepevná, v jiných místech /což bylo pozorováno častěji/ je nosná vrstva zcela měkká až plastická.

Hlavní oblast poruch byla nalezena podle obr. 1

- a/ v technologické věži v poli A - C a řadě 6 - 7,
- b/ v provozní budově v poli D - F a řadě 1 - 4
- c/ v provozní budově v polích P - S v řadě 4 - 6
- d/ v provozní budově v polích S - X v řadě 1 - 2
- e/ v provozní budově v polích F - J v řadě 4 - 5
- f/ v provozní budově v polích L - O v řadě 4 - 6.

Ve většině případů jde o oblasti podsklepené příp. rozhraní podsklepených a nepodsklepených částí /nad podjezdem, nad elektroinstalačním kanálem, nad krenírnou nebo nad vakuotechnickým kanálem/. V některých místech bylo možno pozorovat výdutě, jež se později proměkly a následky výše popsanými.

V době prohlídky bylo konstatováno v místě

- a/ počínající proměknutí, blízko základů strojů malé trhliny

- ed b/ velké trhliny, zdvižení okrajů, vyspravení epoxidovou stěrkou [obr. 6, 7, 8]
- ed a/
- ed c/ počínající trhliny, promáčknutí horní vrstvy, pod ní zcela měkký plastbeton - odebrán vzorek
- ed d/ silně popraskané, několikrát opravováno samorozlévací epoxidovou podlahovinou [obr. 2, 3, 4]
- ed f/ odtržena větší plocha povrchové vrstvy, později přilepená epoxidem, nyní se znovu závihá - odebrán vzorek. [obr. 5]

Další vzorky byly odebrány ještě v únoru a dubnu 1977 na různých místech výrobní haly. V oblasti pole T-U a řady 3 - 4 byl odebrán též vzorek betonu podložky. Jeho analýzou bylo zjištěno, že jde o jemnozrný, značně porézní beton s pevností v tlaku cca 150 - 200 kg/cm². Obsah volné vody v betonu byl zjištěn 1,56 - 2,05 % váhy vysušeného vzorku.

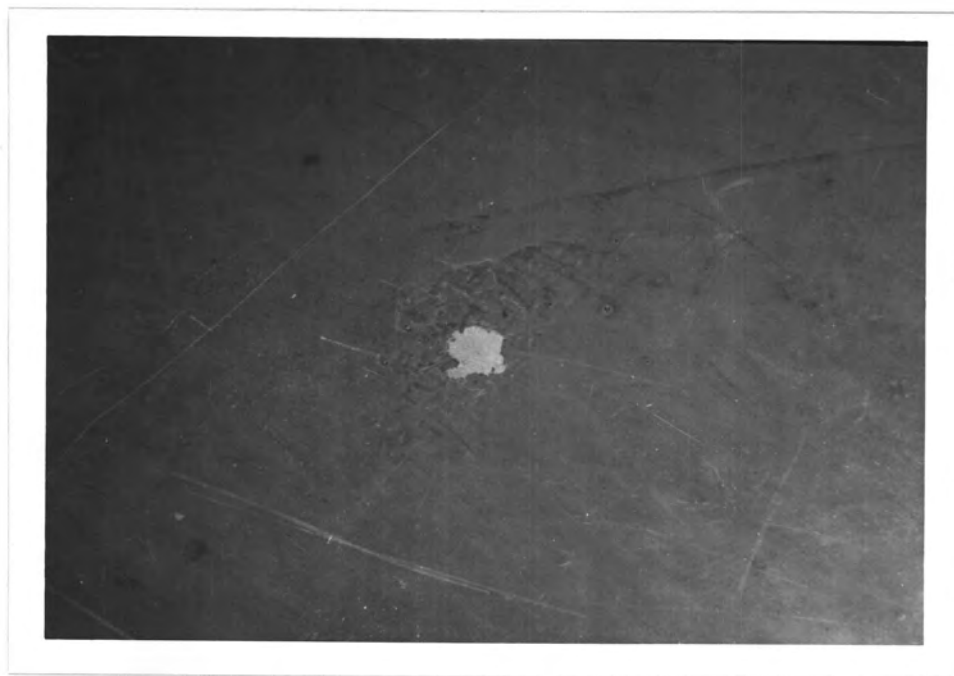
Subjektivním ohledáním vzorku z místa ed c/ bylo dále zjištěno, že nosná vrstva obsahuje plnivě s odstupňovanou zrnitostí se zastoupením hrubých i jemných frakcí, není probarvena a je složena ze dvou odlišných vrstev: spodní, velmi



Obr. 2 Opravená část podlahy u expedičních vozů podlahovinou na bázi epoxidových pryskyřic



Obr. 3 Poruchy /promáknutí/ ve staré podlahovině na styku s novou



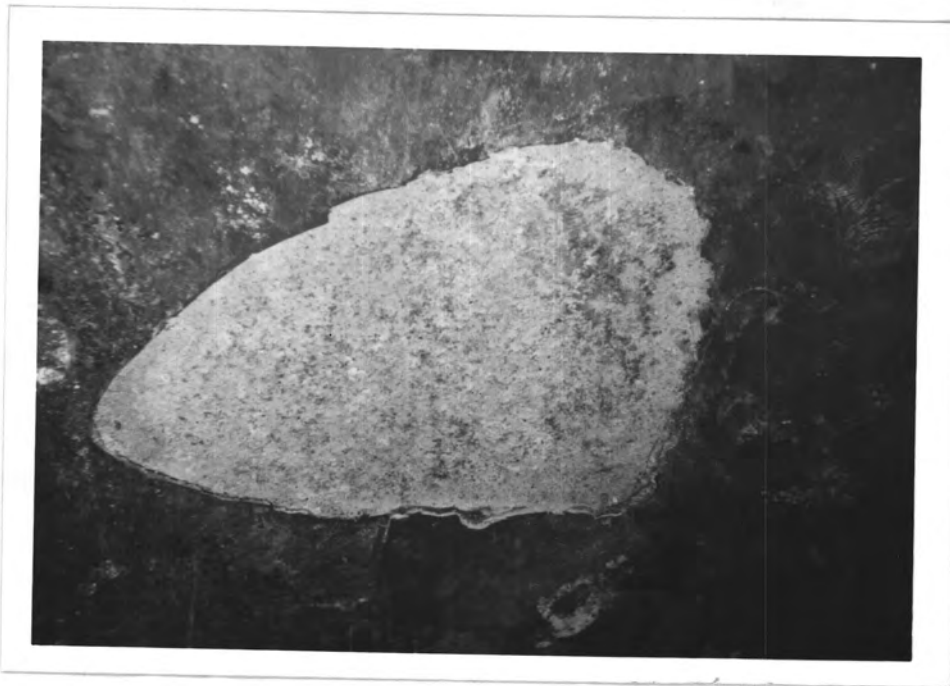
Obr. 4 Poruchy /pronásknutí/ v opravené podlahovině



Obr. 5 Odtržená a posádkji epoxidem přilepená část podlahoviny



Obr. 6 Postupné opravování porušených částí epoxidovou stěrkou



Obr. 7 Odtření části vrchní vrstvy podlahoviny a odvíhání okrajů



Obr. 8 Vznik trhlin od pro-
ražených míst



Obr. 9 Opakovaně oprá-
vovaná povrchová
vrstva a vznik
dalších poruch
u okrajů vy-
správek

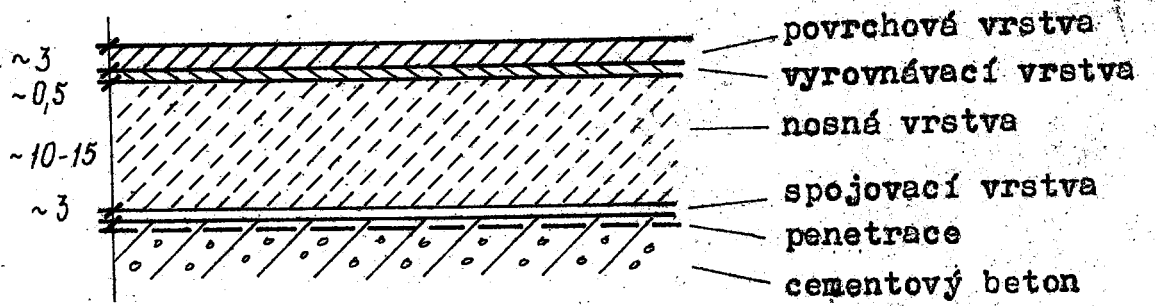


Obr. 10 Zdvihání okrajů povrchové vrstvy u základů pecí a vznik trhlin

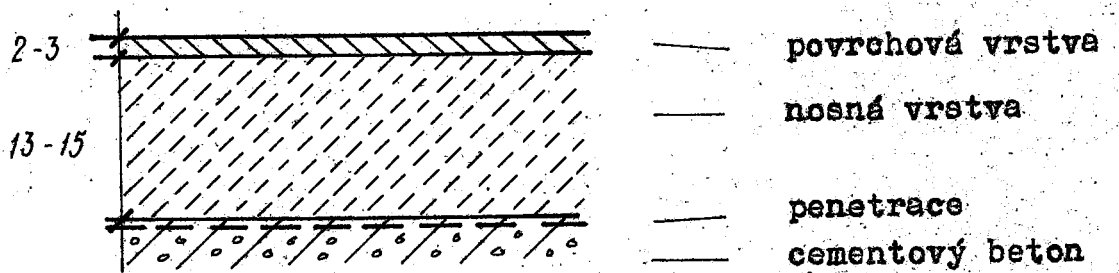
pevná, světlá nasycená vrstva plastbetonu v tloušťce cca 3 mm, s pevně přilnutou penetrovanou povrchovou vrstvičkou cementového betonu podložky a s nasycením, zcela suchá, ale současně vrstva o tloušťce cca 10 mm. Povrchová vrstva je pevná, křehká, tlustá cca 3 mm, okrově probarvená; pod ní je pevná neprobarvená vrstva o tloušťce cca 0,3 mm /viz obr. 11/.

V místě ad 2/ bylo nalezeno, že probarvená povrchová vrstva o tloušťce 2 - 3 mm je nesouhlasnou, probarvenou, silně porovitou, zspadovou a neokouřenou vrstvou o tloušťce cca 13 - 15 mm /obr. 12/. V plinivě této vrstvy zcela chyběla jemná frakce. Jednotlivé technologické kroky nelze opět na tomto vzorku vysledovat /nejméně není znatelná první vrstva bez pliniva a borat tvrdící vrstva/.

S doporučených okolností a známek poruchy analýz usoudil, že s největší pravděpodobností je nutno hledat příčinu poruch v chemickém systému. Bylo proto rozhodnuto provést podrobné analýzy odebíraných vzorků.



Obr. 11 Řez podlahou v prostoru pole P-S a řady 4-8



Obr. 12 Řez podlahou v prostoru pole I-0 a řady 4-8

3. Výsledky analýzy

Odebrané vzorky byly podrobeny podrobnému zkoumání s použitím nejmodernějších metod a zařízení, zapůjčených k tomuto účelu ve smyslu § 14 zákona 36/67 sb. (besplatně) ústavem organické chemie a biochemie ČSAV v Praze.

Charakter porušování podlahy, zejména povrchové vrstvy (gelcostu) ukázal především na nedostatečnou mechanickou pevnost nosné vrstvy plastbetonu, na niž byla proto při analýze soustředěna největší pozornost.

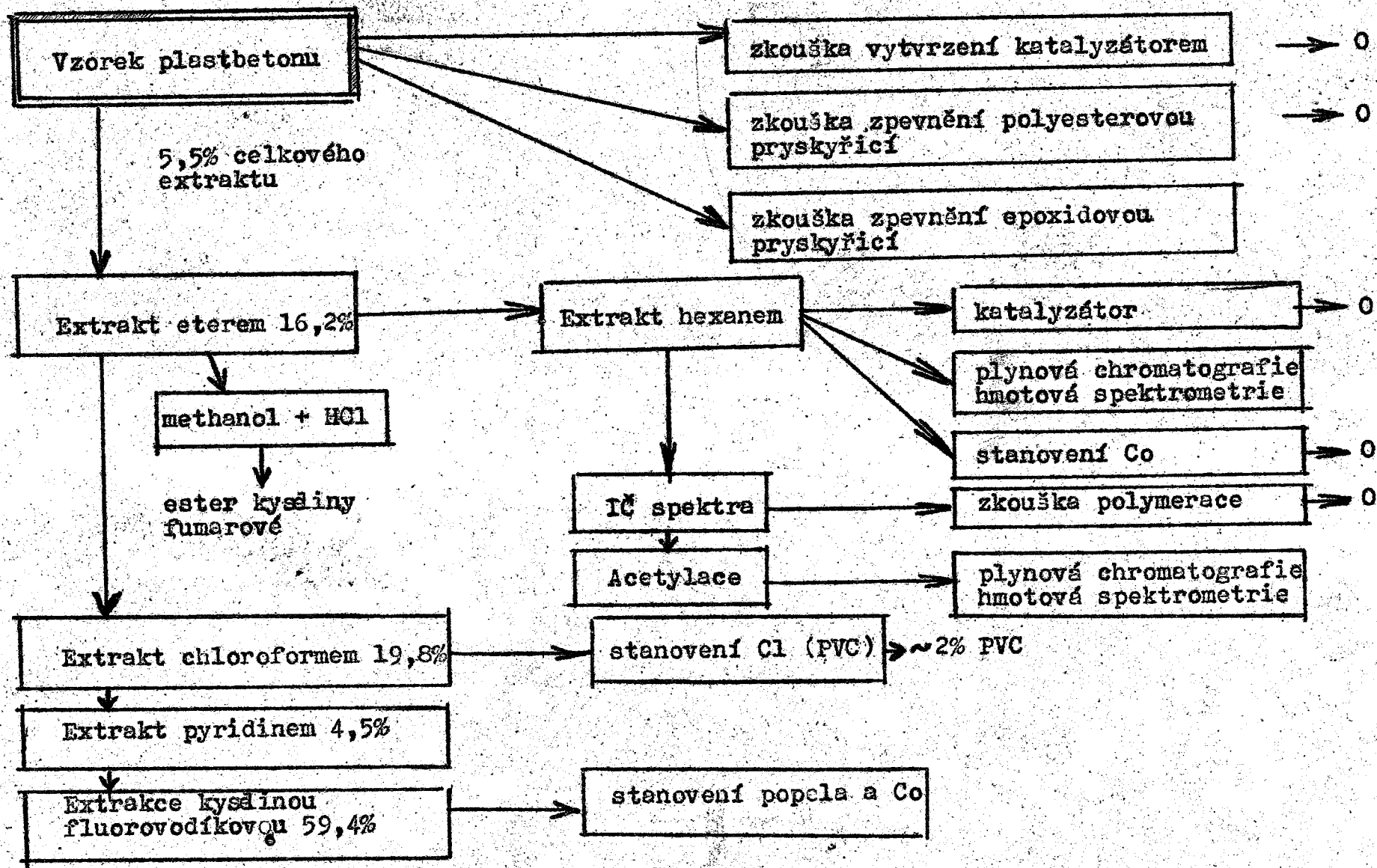
Nízká pevnost plastbetonu může mít v podstatě dvojí příčinu :

1. nedostatek pojiva a
2. přítomnost nízkomolekulárních látek v pojivu, projevujících se jako plastifikátory a zabraňujících jeho dokonalému "zesíťování" a tím i dosažení předpokládané pevnosti plastbetonu. Poruchy systému mohla ale způsobit celá řada dalších vlivů, aniž mohlo být předem vysloveno jakékoliv konkrétní podezření. Bylo nutno proto založit analytické vyšetřování do značné šířky, jak ukazuje schéma na obr. 13.

3.1. Extrakce vzorku nosné vrstvy plastbetonu

K osvětlení této otázky byly postupně provedeny:

- a) Extrakce vzorku řadovou organických rozpouštědel se zvyšují-



Obr. 13 Schema chemických analys a pokusů

ci se rozpouštěcí schopností.

Extrakce byly provedeny v Soxhle-
tově ekstraktoru o objemu 1 litr.
Váha vzorku činila 366 g a roz-
pouštědla bylo vždy 1500 ml, doba
extrakce 16 hodin. Po skončení byl
extrakt odpařením zbaven rozpouš-
tédla a zvážen. Eter rozpustil
16,2% organické hmoty, chloroform
19,8% organické hmoty a pyridin
4,5%, celkem tedy činilo množství
rozpuštěných organických hmot
40,5%. Eterová frakce, kterou lze
označit za nejdůležitější (pro nej-
vyšší obsah monomerních látek) byla
extrahována ještě vytřepáním hexanem
(viz schéma I), čímž došlo k odděle-
ní méně polárních látek (uhlovodíků
a karbonylových sloučenin);

b) Rozpuštění anorganického podílu tj. písku a pigmentů v kon-
centrované kyselině fluorovodíkové.

Po extrakci posuzovaného vzorku
pyridinem byl nerozpouštěný zbytek
na vzduchu vysušen a v polyetyleno-
vé nádobě přelit 500 ml koncentro-
vané kyseliny fluorovodíkové a občas

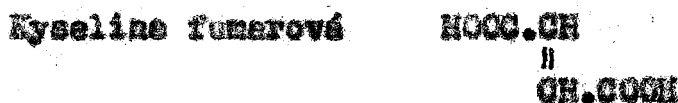
promíchán. Po 10hodinovém působení byla kyselina opatrně odлита a nahrazena novou, což bylo celkem 4x opakováno. Písek sedimentuje téměř okamžitě, kdežto pryskyřice pomalu; rozpouštění je provázáno vývojem plynů zejména po nalití čerstvé kyseliny. Zbylá nerozpustitelná pryskyřice byla promyta destilovanou vodou, odšátim zbavena kapalinou, vysušena a svážena. Protože extrakce kyselinou neproběhla úplně /srnka písku byla obelena nerozpustnou pryskyřicí/, byl zbytek nerozpustných anorganických látek stanoven v malé části vzorku jako popel, ziháním pryskyřice v platinovém kelísku do konstantní váhy. Anorganický zbytek tvořil ještě 17%. Po extrakci fluorovodíkovou kyselinou zůstal tedy organický zbytek nerozpustný v organických rozpouštědlech, představující dokonale splymerovaný makromolekulární podíl ve výši 59,5% v systému přítomné organické hmoty. Celkový obsah organické hmoty představující podíl plastbetonu činil 5,5%

proti předpokládaným 13-133 celkové hmotnosti, jak je vyjádřeno technologickým předpisem.

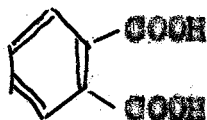
Tento prvý rozbor ukázal, že na snížení mechanické pevnosti se podílejí dvě příčiny /ad 1 i 2/. Nedostatečný obsah pojivo /ad 1/ může být lokální, jako následek /mimo jiného/ nedokonalého promísení plastbetonové směsi při přípravě. Přítomnost nízkemolekulárních látek, které byly extrahovány organickými rozpustidly, může být způsoben těchto vlivy:

- a/ nedostatečné zesílení polymeru při polymeraci
- b/ hydrolyza polymeru
- c/ oxidace ještě nespolymerované prykyřice vzdušným kyslíkem.

3.2 Nedokonalá polymerace pojiva

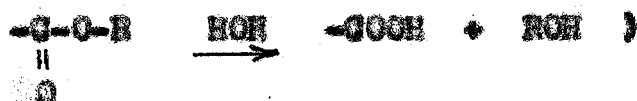


je spolu s kyselinami ftalovou

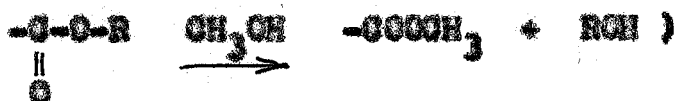


součástí skeletu polyesteru v normálně vytvrzeném plastbetonu,

kde je nevrstně zabudována do polymerní sítě pojiva. Es-
térace kyseliny fteleové a adipové, které jsou v polymeru vá-
zány esterovou vazbou, se dají účinkem vody a salkali (tzv.
hydrolyzou



nebo účinkem metylalkoholu (tzv. metanolýzou



s polymerní, vytvrzené sítě hydrolyticky či metanolyticky
odštěpit, nelse tohoto efektu docílit u kyseliny fumarové,
neboť není vázána jen esterově.

Metanolýzy esterového a chloroformového extraktu byly
provedeny tak, že extrakt byl rozpuštěn v desetinaobku smě-
si tetrachlormetanu a metanolu /1 : 1/, který obsahoval 3%
plynného chlorovodíku, vše zateveno do skleněné ampulky a 4
hodiny zahříváno na 80-90°C. Po ochlazení byla ampule otevře-
na, chlorovodík zneutralizován plynným amoniakem a reskční

sněs analyzována pomocí plynové chromatografie. x/

Touto cestou /viz chromatogramy 1,2,3 xx/ / bylo prokázána přítomnost kyseliny fumarové /ve formě metylesteru/ v extraktu z posuzovaného /rozrušeného/ plastbetonu; je důkazem nedostatečné polymerace; ne veškerý nízkemolekulární polyester přešel do vytvrzené formy polymeru. Podobně i nalezené větší množství monomerního styrenu /chromogram 4 a 12/ svědčí o nedostatečně proběhlé polymeraci.

Nedokončená polymerace může mít příčinu buď

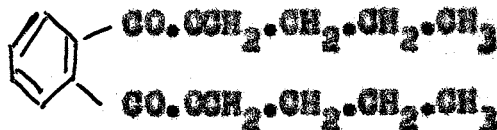
- i) v nesprávném poměru komponent při přípravě nebo
- ii) v přítomnosti látek, které polymeraci zabraňují (tjv. inhibitorů).

x/ Plynová chromatografie je progresivní analytická metoda, která rozděluje těkavé látky v plynné fázi v soustavě plyn-kapalina. Metoda využívá různé rozpustnosti per analyzovaných složek ve vhodné kapalině, zakotvené na nosiči. Celá analýza probíhá v průtoku nosného plynu a jednotlivé více nebo méně oddělené komponenty jsou vymývány, vhodným způsobem detekovány (např. plamen-ionizačním detektorem) a registrovány automatickým zapisovacím systémem v závislosti na čase. Doba potřebná od nástřiku vzorku až do vymytí určité komponenty se nazývá eluční čas a je za stejných podmínek analýzy pro každou látku charakteristickou konstantou. Srovnáváním elučních časů se dají tedy ze získaných vzájemně získat podklady pro identifikaci obsažených látek a pro posouzení složitosti analyzované směsi.

xx/ Chromatogramy stejně jako ostatní dokumenty o výsledcích analýz jsou uloženy u znalce.

3.2.1 Nesprávný poměr komponent pojiva

Při dané aplikaci byl zřejmě použit obvykle výrobcem /np. Spolek, Ústí nad Labem/ dodávaný 50%-ní ketenperoxid /např. metyletylketenperoxid nebo cyklohexanonperoxid/ v dibutylftalátu jako tužidlo /2 až 4% váh./ a kobaltneftenát jako urychlovač /0,5 až 1,5% váh./, jak je též předepsáno technologickým předpisem pro Betoplast. Poměr komponent pojiva /tužidla, urychlovače/ lze prokázat určením dibutylftalátu a kobaltu v posuzovaném vzorku. Dibutylftalát (dibutylester ftalové kyseliny/



je součástí tužidla; jeho chemická stálost je prakticky shodná se stálostí vzniklé polyesterové pryskyřice, avšak do vytvářené polyesterové sítě není zabudován a lze jej z vytvářeného polymeru extrahovat vhodnými organickými rozpustidly.

Ve vzorku roztlučeného plastbetonu však prakticky tato látka nebyla přítomna. Na druhé straně ve všech modelových vzorech pryskyřic, připravených v laboratoři podle technologického předpisu, byl dibutylftalát srovnávací plynovou chromatografií prokázán /viz chromatogram 5: hexanový extrakt

rozrušeného plastbetonu obsahuje pouze velmi malé množství ve srovnání se vzorkem připraveným v laboratoři/. Ne-
patrné množství dibutylftalátu v posuzovaném vzorku plast-
betonu tedy svědčí o tom, že tužidlo v něm nebylo přítomno
v dostatečném množství.

Podobně nebyl v popelu posuzovaného vzorku dokázán
kobalt /nečrým zbarvením tzv. boraxové perličky/, který je
součástí urychlovače s který byl ve srovnávacích modelových
vzorcích stejným analytickým postupem průkazně nalezen.
Z toho plyne, že i urychlovač nebyl v dostatečném množství
ve vzorku rozrušeného plastbetonu přítomen.

Sérii dalších modelových pokusů byla ověřována dyna-
mika tahnutí a mechanické vlastnosti /tvrdost, pevnost/ vy-
tvrzené prykyfice v přítomnosti různých množství vody
při normální a zvýšené dávce tužidla /viz tabulka 1/.

Tabulka 1

Složení a vlastnosti polyesterové pryskyšice /75% váh. ChS Polyester 104+25% váh. ChS Polyester 200/ s různými obsahem vody

| Číslo č. | Množství vody %) | Množství tužidla | Množství urychlo- vače | Doba tuh- nutí ^{XXX)} | XXX) | XXXX) | Měří pře- tvoření | Způsob porušení |
|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|----------------------|--------------------|
| | | | | | Tvrdoost skalický k Δ vtisku | Pevnost v tlaku kp/cm ² | | |
| v % váhy pryskyšice | | | | hod, | | | | |
| 1 | 1 | 4 | 1,5 | 0,5 | 1,34 | 1029 | 45 | sondek |
| 2 | 2,5 | 4 | 1,5 | 4 | 1,31 | 1015 | 47,1 | sondek |
| 3 | 5 | 4 | 1,5 | 15 | 1,19 | 824 | 45,9 | sondek |
| 4 | 10 | 4 | 1,5 | 40 | 1,14 | 563 | 47,1 | sondek |
| 5 | 25 | 4 | 1,5 | 50 | 1,10 | 290 | 51,6 | rozpad |
| 6 | 0 | 20 | 1,5 | 0,25 | 1,05 | 276 | 42,2 | rozpad |
| 7 | 25 | 20 | 1,5 | 8 | 1,07 | 100 | 32,8 | šikmá trhline |
| 8 | 0 | 4 | 0 | 170 | 1,29 | 1521 | 52,3 | sloupečkové |

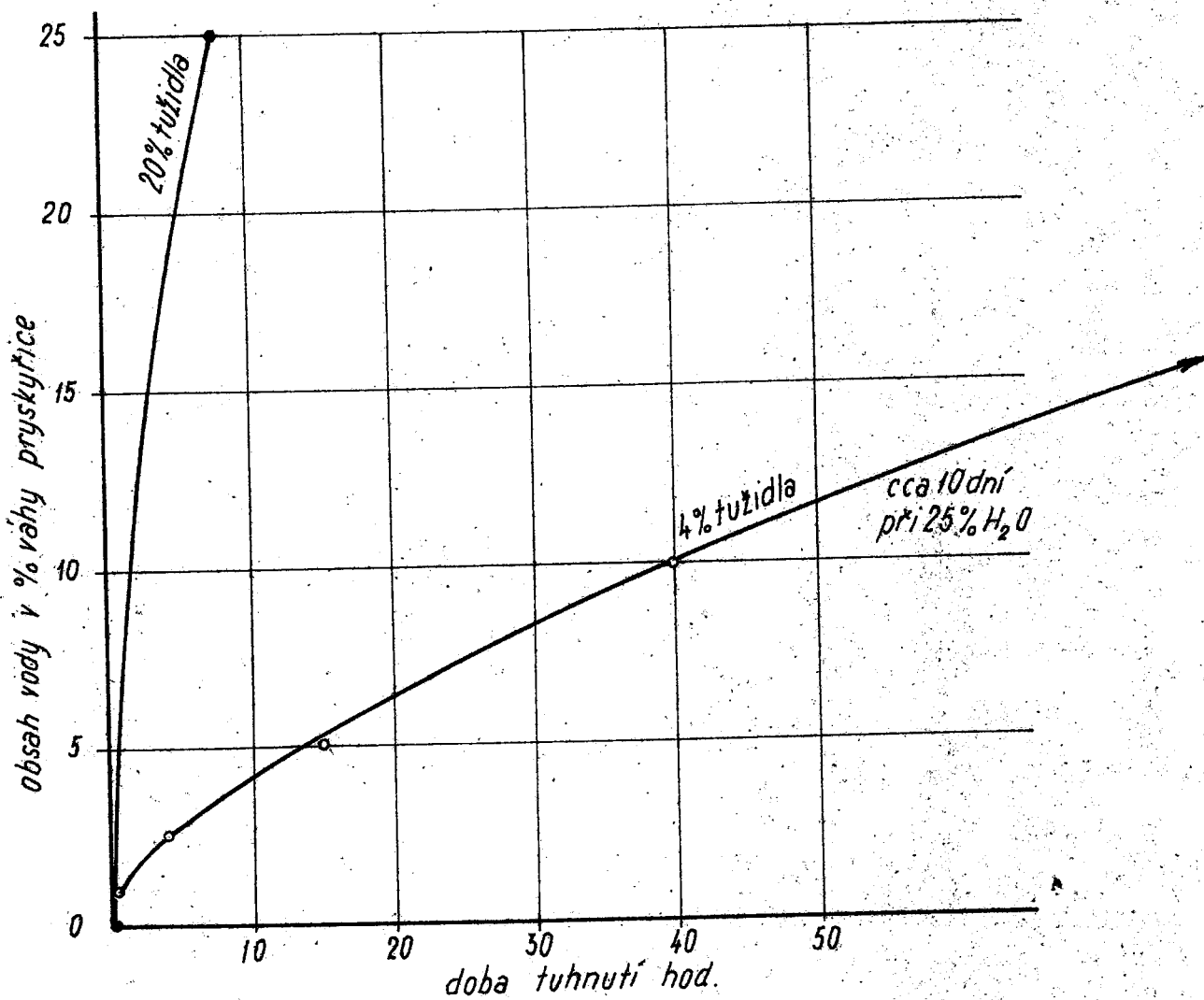
Podmínky k tab. 1

- x/ Tato množství vody by odpovídala přibližně vlhkosti písku, vlištěného do plastbetonové směsi v množství podle technologického předpisu, postupně: 0,1; 0,3; 0,6; 1,2; 3,0; 6; ^{3,0} 2,7; 6. Poznamenáme ještě, že přirozená vlhkost písku je cca 4%.
- xx/ Moha, kdy silnicovou tyčinku \varnothing 5 mm nebylo možno tlakovat 1 kg vtlačit do materiálu.
- xxx/ Tvrdost byla určována Briacelovým tvrdostním ku-
ličkou průměru 1 mm byla vtlačována do materiálu sil-
lou 5 kg. Protože nejsou k dispozici přepočítací
tabulky, jsou uvedeny pouze penky průměru kuličky
k průměru vtlaču, jež mohou pro vzájemné srovnání
téměř dobře posloužit.
- xxxx/ Zkoušeno na silnicovém stroji Testatron na vzorcích
cca 12 x 16 x 24 mm. Všechny mechanické zkoušky byly
prováděny po 3 minutách od zhotovení vzorků.

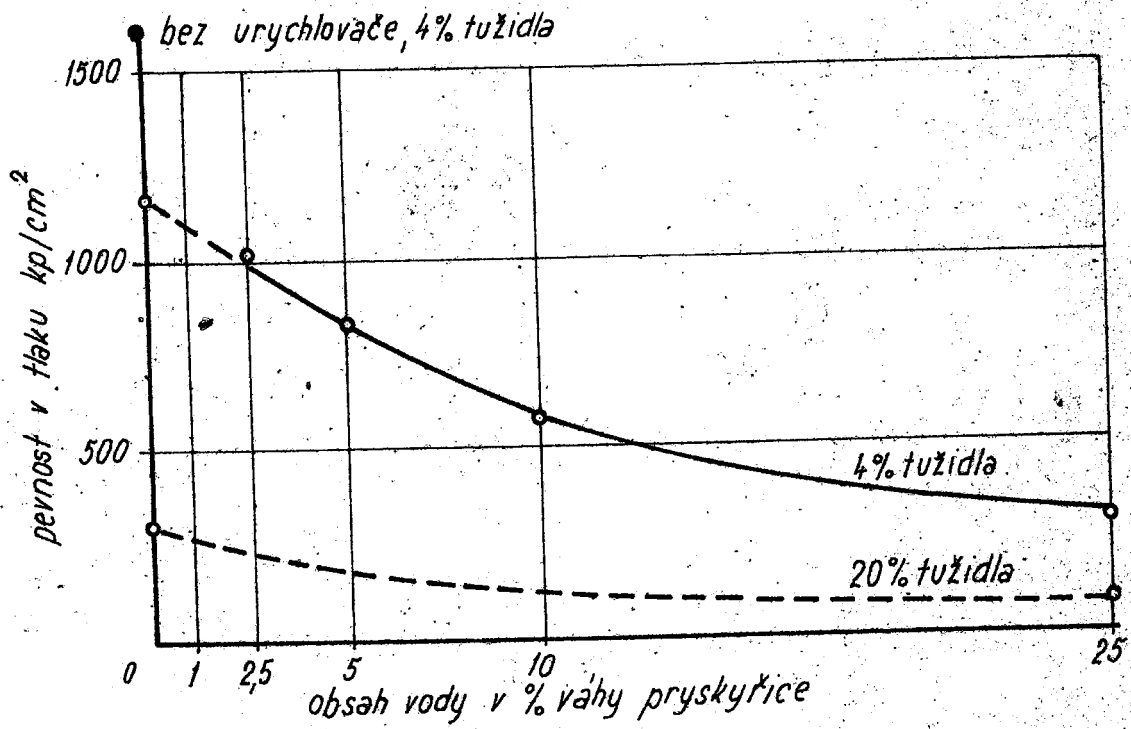
Pevnost i tvrdost polymeru klesala /viz obr. 15,16/ až na 30% při 25% vody; současně se prodlužovala doba tuhnutí /obr. 14/. Desetinásobně předávkování tušidla způsobuje snížení pevnosti polymeru na cca 25%, při současně přítomnosti vody/25%/ sníží se pevnost mnohdy než na 1/10 předané hodnoty /~ 100 kg/cm²/, avšak doba tuhnutí se proti normální dávce tušidla mnohonásobně zkrátí /namísto 10 dní je 2 hod./.

Mnozí odrůd modelových pokusů byla ověřena účinnost snížení přídavkem pyrokrylice GHS 200 do GHS 104 /viz tabulka 2/. Pevnost v tlaku klesá s rostoucím množstvím GHS 200 /obr. 17/, masní přetvoření se však mění jen málo. Přebytek pyrokrylice GHS 200 nad předepsanou hodnotu ovlivňuje pevnost a tvrdost polymeru velmi účinně.

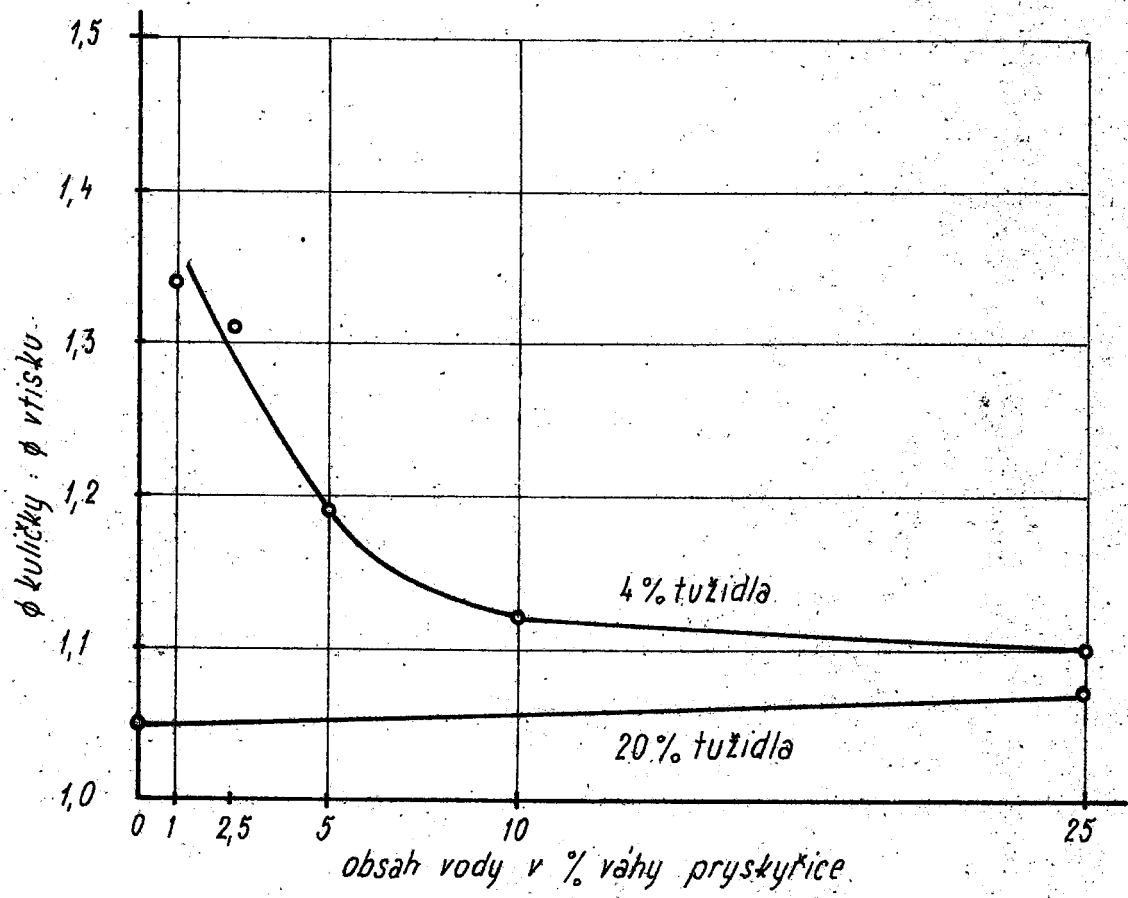
Vypracována byla i polymerace bílého sněhu pyrokrylic /25% GHS 200 + 75% GHS 104/ bez urychlovače /pouze s tušidlem/, která podle výše popsaného kritéria probíhala asi týden. Pevnost v tlaku byla sjištěna 1622 kg/cm² /viz tab. 1/. Porušení nastalo spontánním přilnavím tabem /sloupkovitě rozstřípaní/.



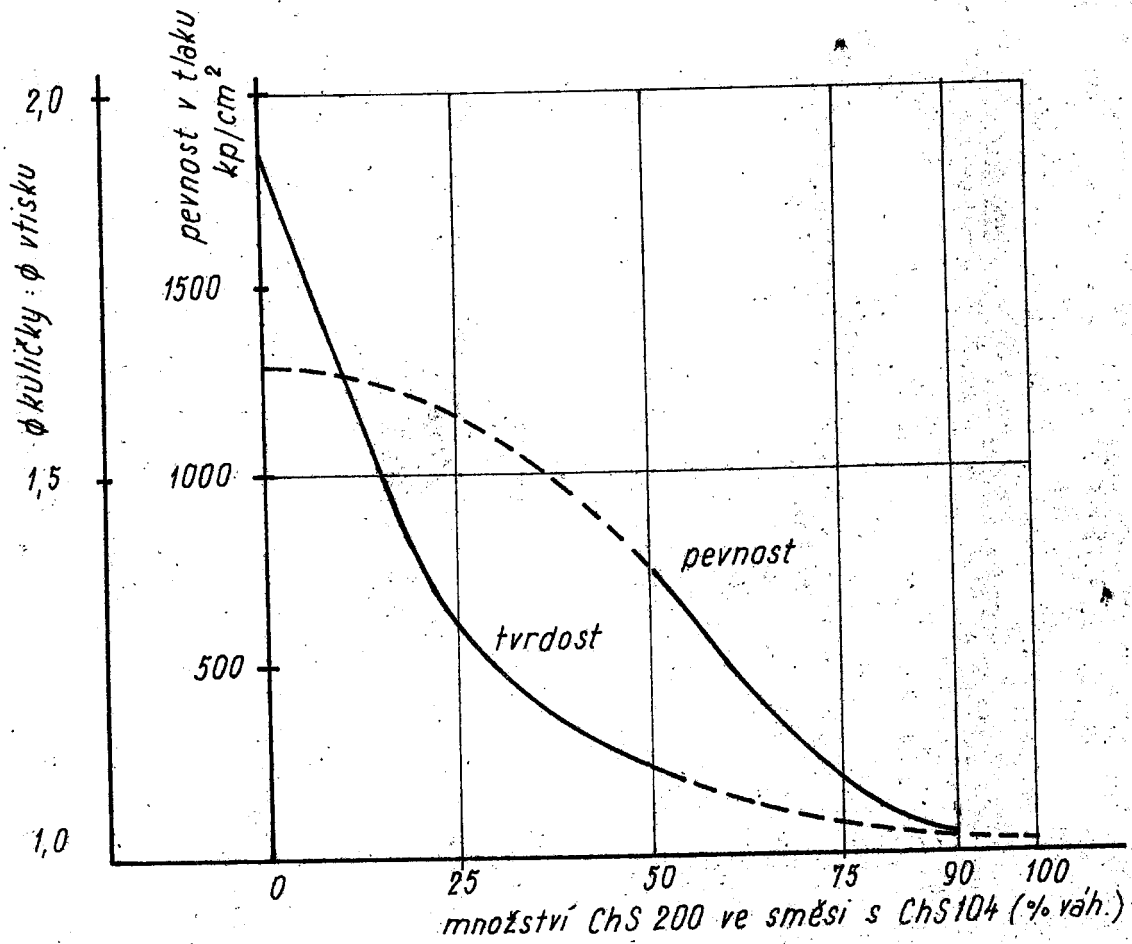
Obr. 14 Vliv obsahu vody na dobu tuhnutí polyesterové pryskyřice (směs ChS 104 a ChS 200 v poměru 3:1)



Obr. 15. Vliv obsahu vody na pevnost polyesterové pryskyřice (ChS 104 a ChS 200 v poměru 3:1)



Obr. 16 Vliv obsahu vody na tvrdost polyesterové pryskyřice (ChS 104 a ChS 200 v poměru 3:1)



Obr. 17 Vliv obsahu ChS 200 ve směsi s ChS 104 na pevnost v tlaku a tvrdost vytvrzené pryskyřice

Tabulka 2

Složení a vlastnosti polyesterové pryskyřice s různým poměrem ChS 104 a ChS 200

| Směs č | Množství ve směsi ChS 104 | pryskyřice ChS 200 | Množství tužidla | Množství urychlo- vše | Tvrdość p kuličky k p vtisku | Pevnost v tlaku | Mezní pře- tvoření | Způsob porušení |
|-----------|---------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| | váh. % | | | v % váhy součtu pryskyřic | | kg/cm ² | % | |
| 1 9 | 100 | 0 | 4 | 1,5 | 1,92 | 1292 | 10,3 | pod. trhline |
| 2 10 | 75 | 25 | 4 | 1,5 | 1,3 ^{1/2} | 1029 | 62,1 | středně |
| 3 11 | 50 | 50 | 4 | 1,5 | 1,31 | 761 | 52,3 | soudek |
| 4 12 | 25 | 75 | 4 | 1,5 | 1,12 | 187 | 47,9 | rozpadlý sou- dek |
| 5 13 | 10 | 90 | 4 | 1,5 | neměřitel- né | 47 | 45,4 | rozpad |
| 6 14 | 0 | 100 | 4 | 1,5 | neměřitel- né | 26 | 40,0 | rozpad |

3.2.2 Inhibice

Polyesterová psykhylice je k inhibici velmi citlivá; málo jí způsobit řada různých látek, zejména vnesení do systému - v daném případě - nelze vyloučit, ovšem většinou ani překážet.

Jako možný inhibitor polymerace, který by působil nedostatečně nasitěním polymeru, přichází v druhém přelovném voda jako nosič kyseliny. Na modelových směsích bylo prokázáno /viz tabulka 1/, že přítomnost vody tuhnutí skutečně prodlužuje 3% vody v písku až na 10 dnů i více. Na druhé straně se ukázalo, že voda nebrání nasitění polymeru a působí spíše jako vnitřní mazadlo /či sekundární emulgátor/.

Jaké bylo skutečné množství vody vnesené do směsi při přípravě posuvovaného plastbetonu nelze nyní zjistit. Přítomnost jakékoli vysokého množství vody však by narušila tak výsledné mechanické vlastnosti, jako k tomu došlo v případě posuvovaného rozpáleného plastbetonu. Porovná-li se obsah fumarové kyseliny /v poměru ke kyselině adipové/ s chromatogramu 1 a s chromatogramu 6, je vidět, že obsah fumarové kyseliny s modelového polymeru /složení 6/, vzniklého za přítomnosti 25% vody, je větší kyselině adipové značně menší, než u odobreného vzorku polbosného plastbetonu se složkou 1.

Voda vnesená do směsi nemá namířeno žádnou příčinu ne-
vhodnosti plastbetonu.

Nevhodný písek může být též nositelem inhibitorů
látek /např. kyselina seleničná, křemičitana, uhlík
amod./, při suchém písku lze do něj vnést další /sůl,
fenuy/.

Při použití bílého písku namísto titanového, nebo i
nevhodné bílého titanového /smetanového, příp. hrubé elaté
rutilové/ nedojde vůbec k vytvoření. Stejně působí i příměs
kyseliny chromické /pokud není povrchově upraven kyseli-
nami hlinitými/.

3.3 Hydratácia

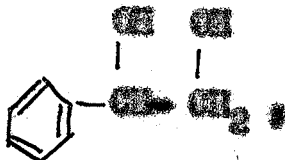
Ke sjištění, zda v rozsáhlém plastbetonu probíhala
hydrolyza polymeru, byla ověřována přítomnost hydrolytic-
kých produktů, vzniklých a původní suroviny. Takovými pro-
dukty mohou být glykoly /dvojsytné alkoholy/ a karboxové
kyseliny (talové a edigové). Proto byla u extraktu a poruč-
ného plastbetonu provedena infračervená spektra.^{12/} Posuo-

^{12/} Spektra organických látek v infračervené oblasti umožňují
/i u směsí/ zjistit povahu většiny funkčních skupin v pří-
rodných látkách, a to podle absorpčních pásů při typických
vlnových délkách

vaný extrakt neobsahoval podle IR spektra volné karbo-
xylové kyseliny, ale obsahoval hydroxylové skupiny podle
absorpčních píků u 3320 a 3619 cm^{-1} . Tímto polovičasně od-
ložen nebylo možné hydrolyzou plastbetonu ani vyloučit ani
prokázat. Bylo třeba vzorek dále analyzovat pomocí plynové
chromatografie a zejména magnetické nukleární resonance. ^{z/}
Vzorek rozrušeného plastbetonu byl nejprve potřeba pře-
bent acetonhydridu v pyridinu, aby došlo k acetylaci při-
tomných -OH skupin za tvorby acetátů:



Ke snázi látek po acetylaci byla pomocí preparativní plynové
chromatografie /slanavy 7,8,9/ izolována a pomocí NMR identi-
fikována látka fenylotylanglykol



kteří je nositelem původní -OH funkce ve vzorku.

K analýze pomocí plynové chromatografie byly též nede-
lově připraveny vzorky spolymerované i nespolymerované pry-
kytice laboratorně hydrolyzované. Vzorky byly uchovány k va-

^{z/} Tato metoda /NMR nebo též PMR/ využívá magnetického momentu
jader vodíkových atomů /uv. protonů/, přítomných ve chcu-
něné látce, ke stanovení chemické struktury látky. Na odli-
šit chování protonů /v látce obsahující/ v pronikání magne-
tickým poli se nelinearě závisí dle o strukturu studované
organické látky.

na pod spřítuřnã chladiřem po dobu 80 minut v 10% roztoku louhu draselnãho v etanolu. Pak byl etanol oddestilován, zbytky rozpustěny ve vodě, okyseleny a vytěpány do eteru. Eter byl odpařen a vzniklé produkty hydrolyzy acetylovány acetonhydridem v pyridinu. Chromatogram 10 ukázã výsledky hydrolyzy spolymerované psykyfice a sãznam 12 rozebã hydrolyzátu nespolymerované psykyfice. Chromatogramy vanilkových produktů byly porovnány s chromatogramy hydrolyzátu posuzovanãho poruřenãho vzorku, samotnãho fenyletylenglykolu a vzorku psykyfice, polymerujícíã na přítomnosti 25% vody /vãh. na psykyfici/. Tento posudnã vzorek byl pãipraven extrakcí eterem a následnã acetylací extraktu.

V kãidnã hydrolyzovanãm vzorku nebyl fenyletylenglykol nalezen. Ve vzorku polymeru tvrdnãouãho na přítomnosti 25% vody bylo nalezeno jen nepatrnã množství fenyletylenglykolu, avšak v 12 spektru eterovãho extraktu tohoto vzorku nejsou patrnã ani karboxylovã kyseliny ani alkoholy, které by svčily o hydrolyzu.

Bãilo bylo ovčřeno, že fenyletylenglykol není produktem vanilkajicnã redukce setyloyklohexanonperoxidu, obsaženã v tuřidle. Tuřidlo bylo rozpustěno v suchém eteru, pãidãnã hydrid lithnã-hlinitý a redukovãn 30 minut pod spřítuřnã chladiřem na varu eteru. Eter byl potom odpařen, pãidãnã acetonhydrid

a znovu vařeno pod spřítavným chlazením 4 hodiny. Stanolem byl rozložen přebytek hydridu, směs byla ještě znovu po-
vařena 30 minut a sfiltrována. Filtrát byl odpařen a po-
droben plynově chromatografii /viz strana 16/.

Z provedených pokusů vyplývá, že fenyletylenglykol
ještě snadnějším hydrolyzátním solvatem a že hydrolyza tedy
není u porušeného plastbetonu způsobem nárůstajícího
látek.

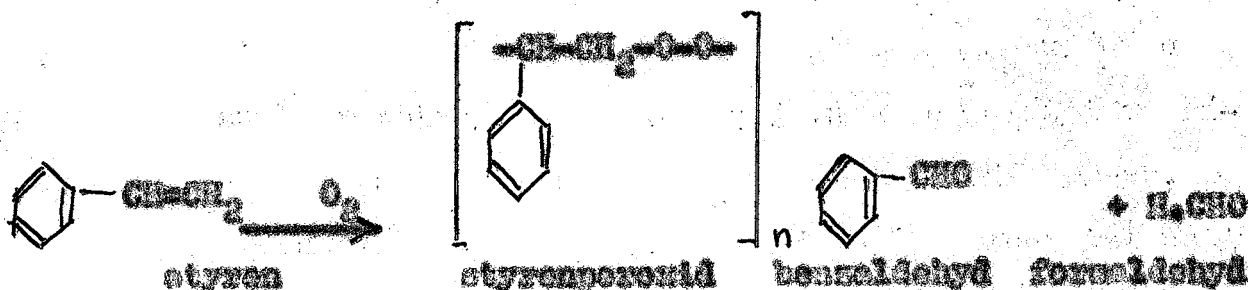
3.4 Účinnost nespolymerované prykyřice

K oxidaci vadačným kyslíkem ještě nespolymerovaná
prykyřice může dojít při příliš dlouhé době tuhnutí. Pří-
činou pomalého vytvrzování může být, jak již bylo řečeno,
nedostatek tužidla, urychlovače nebo naopak přítomnost vody
jako inhibitoru /nikoliv však jako činidla způsobujícího
hydrolyzu prykyřice/. Ke stejnému jevu může dojít i v pří-
padě, že ve směsi je přítomno nadměrné množství styrenu,
který je často nevhodně vařen ke zlepšení zpracovatelnosti
plastbetonu; snáší se tak v daném případě stále či se načas
spíše zjistit. Přítomnost poměrně značného množství para-
finu však posiluje předpokládání, že byl styren přidán dokonce
ve formě antiinhibičního restoku PAR 3 /ve směsi s parafinem/.

Zjistěni přítomnosti několika oxidacíšných spletin styrenu, kterého se používá při přípravě hmoty v non-normální formě a který má během tuhnutí kopolymerovat, potvrzuje, že k oxidaci valenčním kyslíkem v rozpouštědla nepochybně dříve, styren úspěšně oxidoval a neuvolňoval se do síti vznikajícího polymerového materiálu.

Plynová chromatografie hexanového extraktu starického extrakčního podílu spojená s hmotovou spektrometrií z/ přítomní a obsažených látek umožnila identifikovat /zároveň 12/: etylacetát, etylbenzen, xylol, styren, 1-metylcyklohexanon-1, benzaldehyd, acetofenon, thalol, difenylfuran a homologickou řadu parafínů.

Důležitou látkou pro podporu oxidacíšné teorie je benzaldehyd, který vzniká oxidací styrenu :



z/ Hmotová spektrometrie je nezávislá fyzikálně-analytická metoda pro identifikaci organických látek, sledující rozběh molekuly obsahující látky při jejím bombardování laticími elektrony, podle velikosti a chemického složení vzniklých molekulových fragmentů lze stanovit chemické složení a strukturu původní látky.

Benzalddehyd lze v rovněžlém vzorku zpracovaného plastbetonu dokázat i siceh přes intenzivní západ styrenu. Peroxid styrenu, jako nečistota oxidace, může být i polymerační povahy a jeho vanik může vyvolat deion tubání nosné vyšiv, ovšem za relativně delší čas a pouze následně.

Vanik fenyletylenglykolu přítomného v rovněžlém plastbetonu lze rovněž nejedeněji vyvolat oxidací styrenu. Úplný vanik této látky v relativně větší množství byl v laboratorii vyvolán oxidací koncentrací peroxidu s váhým pítkem /s asi 3-4% vody/ a ponecháním této směsi na vzduchu asi po dobu jednoho týdne /zároveň 13,14/. Vzorek takto připraveného plastbetonu /jež vůbec nezavrdl/ se vzhledem podobal porušenému plastbetonu, olovanému v ^{ne štěstí} provozu; samotná peroxidace s odpovídajícím množstvím vody /2% na váhu peroxidu/ přitom po 10 dnech zatvrdla a po třech měsících vydržela pevnost v tlaku 290 kg/cm². Naproti tomu ani desetina obvyklé množství tubidla při polymeraci vanik fenyletylenglykolu nevyvolala.

Ze standardní směsi peroxidu v poměru k pítku 1 : 6 váh. byly připraveny vzorky plastbetonu s různým obsahem vody/s s obvyklou dávkou tubidla a urychlovače/tak, že polovina vzorků byla účinně zpracována, polovina pouze rozhruta ve formě.

Zjištěné hodnoty pevnosti v tahu za ohybu a modulu pružnosti jsou obsaženy v tab. 3. Je patrné, že 2% vzh. vody na pryskyřici /tj. cao 0,6 na písek/ již značně snižuje mechanické vlastnosti, a to více u plastbetonu a nekypřené směsi. Při 25% vody /na pryskyřici/ již vůbec nedojde k vytvrdnutí.

Tab. 3 Vlastnosti plastbetonu s rostoucím obsahem vody

| Číslo š. | Zpracování | Množství vody v % na váhu pryskyřice | Pevnost v tahu za ohybu kg/cm ² | Modul pružnosti/při po- zulení/ kg/cm ² |
|-------------|------------|--|--|--|
| 15a | Nekypřené | 0 | 30,1 | 6157 |
| 16a | " | 2 | 19,6 | 4757 |
| 17a | " | 5 | 14,6 | 4336 |
| 18 | " | 25 | 0 | 0 |
| 15b | Zhutněný | 0 | 22,3 | 7006 |
| 16b | " | 2 | 22,7 | 6983 |
| 17b | " | 5 | 20,4 | 5580 |

Množství kyseliku obsaženého v směsi při přípravě plastbetonu /kyselik obsažený na zrnkách písku, rozpouštěný ve vodě, dodaný do směsi při mechanickém promíchávání směsi/ pravidelně dostatečně k tomu, aby tento kyselik při penání a nedostatečně probíhající polymeraci napadl látky, ochopené oxidací /zejména jak uvedeno dosud nepolymerovaný styren/.

oxidací málo účinně omezit nedostatečné uzavření /obut-
nění/ směsí, kdy vodivý kyslík lehce proniká do hmoty.
Avšak oxidací nesvědčuje i zjištění, že betonová podlaha
je porézní /asi s 2% vlhkosti/. Pokud by penetrační vrstva
nezaplnila dokonale póry podlahy, byl by umožněn přístup
kyslíku do podlahoviny z/ vždy se objevují poruchy na
místech podklepených nebo nad kradly a průduchy, kde je pří-
stup kyslíku spíše nejnadnější. Izolace proti vodě rovněž
nebyla provedena. Směsice měla tedy pokračovat i na zbytké
povrchu tvrdou povrchovou vrstvou.

Hišší nedopolymerované látky v polyesteru jsou navíc
schopny působením organických rozpustitelů /tedy i styrenu,
benzaldehydu apod./ přilnout a svítňovat vůči oběm. Účíně se
vytváří značné tlaky, schopné rozložit strukturu plastového
i povrch podlahy.

z/

Ostatně není vyloučeno, že vodu jako ostatní plyny
difunduje i těmi vrstvami, které jsou vodotěsné, ale
nemusí být plynotěsné /viz polyetylenové nádoby/.

P O S U B E K

Provedeny analýzy prokázaly nalezené vyslovené po-
dezení, že hlavní příčinou poruch je narušení mechanis-
mu tvrdnutí polyesterové pryskyřice.

Bylo zjištěno, že mechanická pevnost nosné vrstvy
plastbetonu je hluboko pod hodnotou jevnosti dobře vy-
tvrzeného materiálu, připraveného podle technických podmí-
nek; v některých místech je prakticky nulová /materiál je
ne měkký, viskózní, případně nesoudržný, rozpádnutý/.
Současně ale bylo nalezeno, že spojovací vrstva, jež se
připravuje se směsí pro nosnou vrstvu /bez hrubých frakcí
písku/, je dobře zatvrdlá /pokud je provedena/.

Konstrukce podlahoviny Detoplast však vychází z toho,
že nosná vrstva je výrazně pevná a tvrdá, aby mohla převést
bez větších deformací větší zatížení, přenesené do ní ten-
kou a křehkou vrstvou povrchové úpravy, připravené z prak-
tický čistě polyesterové pryskyřice. Nosní přetvoření povz-
rchní vrstvy je podstatně /o 100/ větší než nosní přetvo-
ření nosné vrstvy a samozřejmě předpokladem její použitel-
nosti je nepodléhající pevná a, na něm spočívá. Situaci navíc
nepříznivě ovlivňuje velká vnitřní napjatost povrchové
vrstvy od smrštění /i od případných změn teploty/.

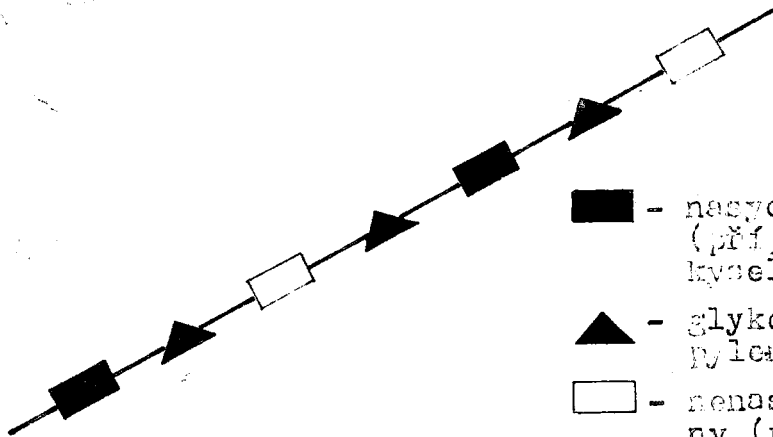
Při správném průběhu polymerační reakce dochází postupně k zesílení polyesterových řetězců /obr. 19a/ příčnými vazbami mezi fumarovou kyselinou přes styren /obr. 18 b,c/. Stavba zesíleného polymeru z pryskyřice používaných pro výrobu plastbetonové podlahoviny, je schematicky znázorněna na obr. 19a, přičemž na obr. 19b je podrobně popsána polyesterová pryskyřice ChS104.

(Nasyčené) kyseliny dikarbové, jako kyselina italová a adipová se štěpí hydrolýzou nebo metanolýzou odštěpit, kyselina fumarová naopak ^{ne} ~~se~~. Metanolýzou dobře vytvrzeného produktu nelze tedy zjistit téměř žádná kvantita fumarové kyseliny /ve formě metylesteru/.

Při nedostatečném nebo pomalém vytvrzení dochází působením kyslíka k oxidaci části styrenu /obr. 20a/ a k fotochemu tuhnutí. Vzniká polymerní styrenperoxid a po rozkladu takového produktu lze při analýze nalézt benzaldehyd a další látky, jež mohou být samy novými inhibitory polymerní reakce. Jev je nevratný, u systému porušeného oxidací nelze již žádným dostupným způsobem obnovit polymeraci polyesterové pryskyřice /jak slytisk staré, tak i nové do soustavy vložení/, vznik příčných vazeb a vytvoření pevného polymeru.

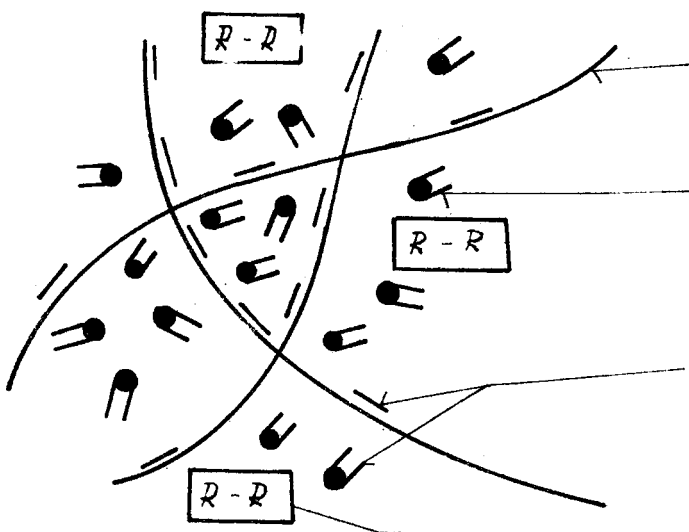
Přítomnost kyslíku fumarové v materiálu nosné vrstvy ukazuje na to, že polymerace proběhla nedokonalě. Poněmž

in rustrechi!



- - nasycené dikarbové kyseliny (příp. jejich anhydridy), např. kyselina ftalová a adipová
- ▲ - glykoly, nejčastěji 1,2-propylenglykol a etylenglykol
- - nenasyčené dikarbové kyseliny (příp. jejich anhydridy), např. kyselina fumarová, maleinová a pod.

Obr. 18 a Řetězec nenasyčeného polyesteru



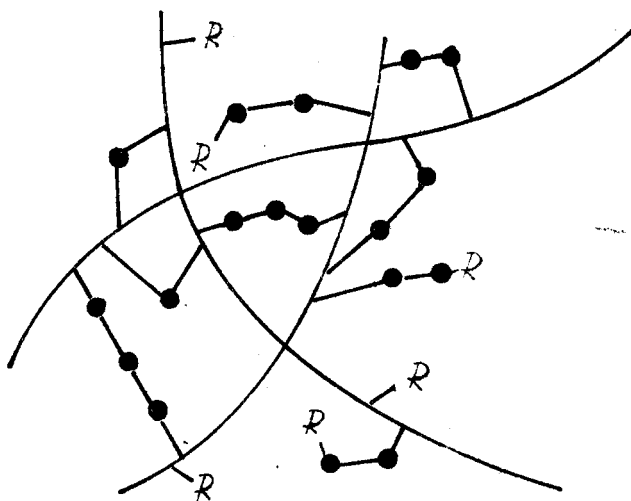
nenasyčený polyester (viz schéma na obr. 18 a)

monomerní řetídko (styren), obsahující dvojnou vazbu schopnou polymerace

reakce schopné dvojná vazby

tužidlo (peroxid) - rozbíjí se při zvýšené teplotě nebo po přidání urychlovače

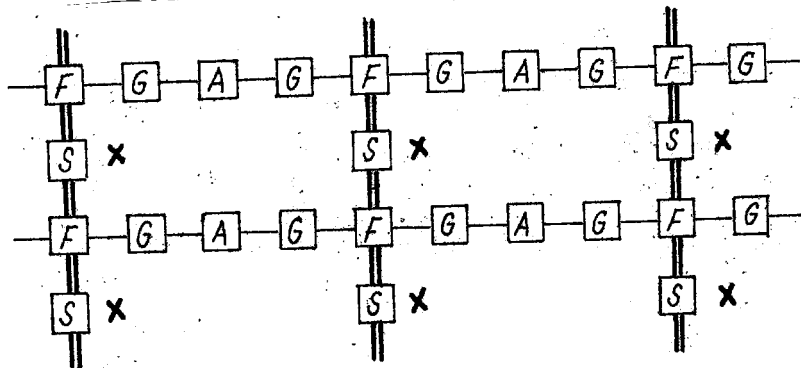
Obr. 18 b Polyesterová pryskyřice po smíšení složek



Uvolňující se energie tužidla rozštěpuje dvojná vazby, vytváří se spoje styrenových řetězců polyesterifikací nenasyčené dikarbové kyseliny (např. kyseliny fumarové) a polyalkoholu (propylenglykolu, etylenglykolu) a vzniká třídimensionální spojení polyesterových řetězců; tím dochází k vytvrzení pryskyřice.

Obr. 18 c Vytvrzená polyesterová pryskyřice

Obr. 18 Schéma reálného vzniku polyesterového polymeru



ChS 104

ChS 200

Patix (?)

A = kys. ftalová

kys. adipová

^{ftalová}
kys. adipová

F = kys. fumarová

kys. fumarová

~~malonová~~
kys. (fumarová)

S = styren

styren

styren

G = etylenglykol

diethylenglykol

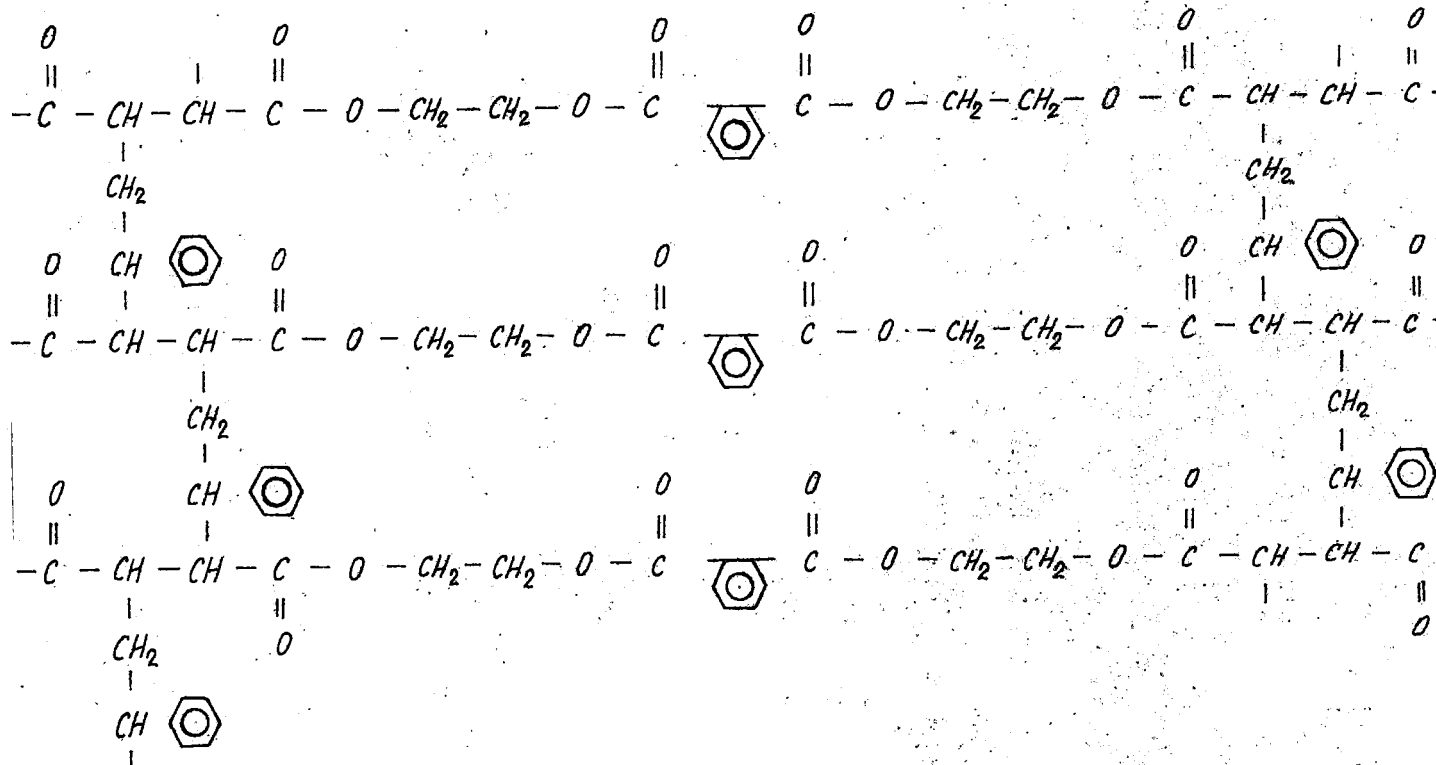
~~etylenglykol (?)~~

— = esterová vazba (hydrolysovatelná)

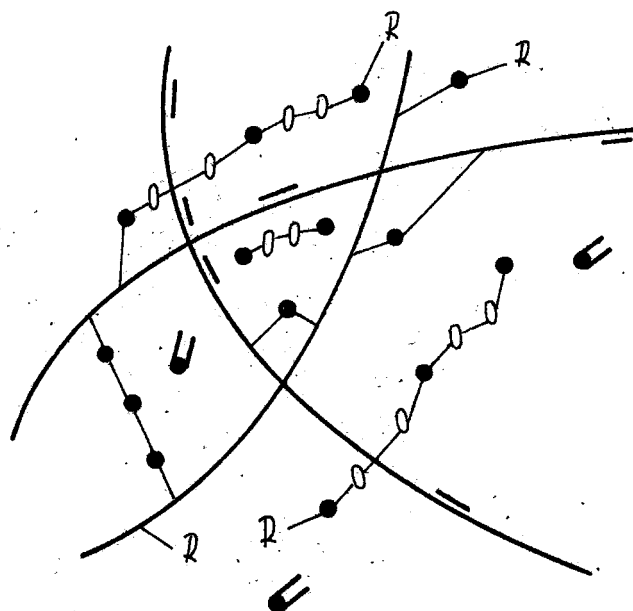
diethylenglykol (214) 1:1
mono propylen glykol (324)

== = kovalentní vazba (nehydrolysovatelná)

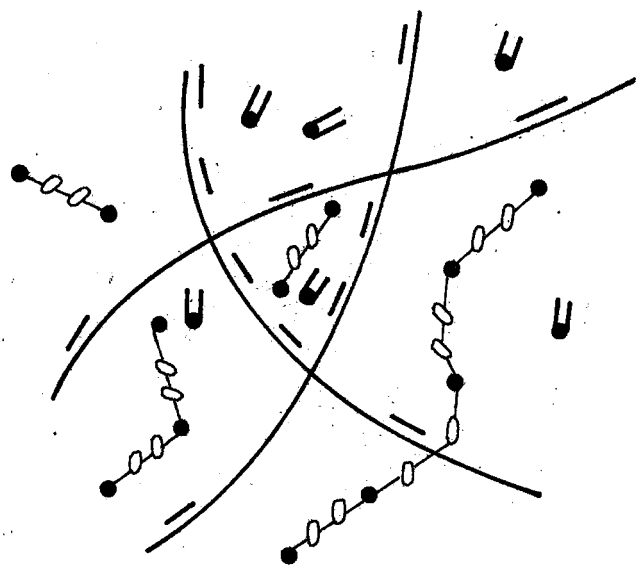
Obr. 19a Stavba zesítěného polymeru z různých polyesterových pryskyřic



Obr. 19 b Polyesterová pryskyřice ChS 104



Obr. 20 a Nedokonale vytvrzená polyesterová pryskyřice



Obr. 20 b Zcela inhibovaná a zoxidovaná (neztvrdlá) polyesterová pryskyřice

Obr. 20 Schema neregulárního vzniku polyesterového polymeru

Vhodný tužící systém: pro teploty pod 15°C : tužidlo-benzoylperoxid

urychlovač-aminy

pro teploty nad 15°C : tužidlo-ketonperoxid

urychlovač-organické kobaltové sole

polymerování bylo pak podmínkou oxidačního rozkladu pojiva.

Důvodem pomalého vytvrzení může být nedostatek tušidla iniciujícího rozštěpování dvojných vazeb /případně také nadbytek styrenu/. K nedokonalemu /pomalému/ vytvrzení může dojít ale také inhibicí v soustavě přítomnými inhibitory, ty sponají vytváření přičných vazeb styrenu na fumarovou kyselinu.^{z/}

Okolnost, že spojovací vrstva /pokud byla provedena/ vytvrdla relativně dobře /subjektivní pozorování/ podporuje domněnku, že chyba není přímo ve složení směsi /dávkováni tušidla a urychlovače/, pokud tvrdnutí spojovací a nosné vrstvy

^{z/} Pokud není zajištěno, že plivo /i podobně/ jsou zcela vysušeny, měl by být použit jiný tušící systém méně citlivý k vlivům vlhkosti /urychlující tvrdnutí, ale nesnižující naměkčivost směsi/, např.:

tušidlo: acylperoxid /např. benzoylperoxid 50-ní/ v množství 2-4 váh.% /minimálně 2 váh.%/

urychlovač: amin, např. 10-ní zbytek dietylanilinu nebo dimetylanilinu, nebo /při nízkých teplotách/ dimetylp-toluidinu v množství 1-2% váh./minimálně 1% váh./

Uvedený tušící systém je rovněž vhodný pro nižší teploty pod 18 C/.

probíhelo v podobných podmínkách prostředí /o to lze - vzhledem k životnosti směsi - oprávněně předpokládat). Nelze však vyloučit, že došlo pro usnadnění zpracování nosné vrstvy k nežádoucímu ředění směsi styrenem.

Kromě předávkování styrenu jako ředidla nezbyvá tak než hledat příčinu defektních vlastností nosné vrstvy v inhibici polymerace medií, vnašenými do směsi hrubozrnným plnivem - pískem (po vydělení části směsi pro spojovací vrstvu). Nejpravděpodobnější inhibující látkou je voda; nedostatečně vysušený písek (s vlhkostí přes 3%) způsobí značné zpomalení vytvrzovací reakce (řádově) a umožňuje tak účinnou (analýzou prokázanou) oxidaci jak vzdušným kyslíkem, tak kyslíkem okludovaným na zrnech plniva nebo vnašeným přímo do směsi (-hlavně voda je účinným nositelem kyslíku). Nedostatečné zpracování (patrně pouze rozhraní) bylo příčinou vytvoření pórovité, zcela propustné struktury nosné vrstvy, umožňující snadnou komunikaci kyslíku s ovzduší. Bylo pokusně prokázáno, že při množství vody 3% váhy písku a při nedokonalém zpracování (neshutnění) směs vůbec nestvrdná, zůstane trvale vláčná, vysokoviskozní, rozpadevá (obr. 20b). I při důkladném zpracování však dochází ze přítomnosti tohoto množství vody, k silné oxidaci, pevnosti "vytvrzené" směsi jsou podstatně nižší než při dokonalém provedení. Ani o spojovací vrstvě nelze

řici, že byla zcela nepropustná - navíc místy téměř nebo zcela chybí. Penetrační nástěr s ohledem na to, že byla penetrována povrchová vrstvička lehkých podílů cementu a pojiva (usazená u horního povrchu betonové podlažky) a protože bylo použito rychle prchajícího kyselého (acetonu), rovněž nemůže plnit funkci parotěsné zbrany. Proto ke zmiňované komunikaci vzduchu (a oxidaci pojiva) mohlo docházet intenzivně zejména v místech podsklepených či jinak nespodu přístupných (např. nad kandy). K oxidaci může docházet ovšem i při lokálním nedostatku tužidla nebo/a urychlovače, ať již v důsledku jejich poddávkování nebo spíše při nedostatečném promíšení směsi; obojím lze vysvětlit různorodost mechanických vlastností místo od místa. Nadbytek styrenu ve směsi se může projevit stejně, ať je vnašen při míšení nebo při uhlazování povrchu nosné vrstvy. Avšak i větší lokální propustnost spojovací vrstvy, penetrace s podlažky (nebo/a konstrukce) případně různá hutnost (zpracování) nosné vrstvy mají za následek vznik méně či více defektních (oxidovaných) lokalit. Lze se domnívat, že obě nepsané příčiny (vlhkost a nedostatek tužidla, případně urychlovače) působily společně; která z nich z nich měla v jistém konkrétním místě převahu lze těžko nyní určit; není to však podstatné. V každém případě jde o chybu technologickou, ať již při dávkování, míšení, zpracování nebo použití nevhodného plniva.

Provedené rozbery neopak ukázaly, že entradě nedošlo k chybě použití vedných surovin, z nichž se skládá pojivo (pryskyřice, tužidlo, urychlovač).

Nedostatek dibutylftalátu z tužidla a kobaltu z urychlovače v některých vzorech podrobených analýze nemůže prokázat, zda šlo o chybu dávkování nebo míšení. Chybu dávkování však do jisté míry vylučuje dříve zmíněná neporušenost spojovací vrstvy, připravené ze stejné základní pojivo, tužidla a urychlovače a mikroplniva, jako nosná vrstva.

Zhodnou oxidací nosné vrstvy podporuje dále skutečnost, že k uzavření podlahoviny povrchovou vrstvou (galestem) došlo až o několik měsíců později.

Po reakci se vzdušným kyslíkem vaniklé oxidací splodiny způsobují botání nižších polymerů, světlování objemu, strátu pevnosti plastbetonu, změnění povrchové vrstvy a konečně praskání povrchové vrstvy.

Poměrně malá vlhkost podkladního betonu sama (a uvážíme-li ještě převážně podobný teplotní spád od horního povrchu podlahového systému ke spodnímu, usměrňující případnou difuzi vodních par ke spodnímu povrchu) nebyla zřejmě primární příčinou vaniklé neruhy. Svědčí o tom i analytický průkaz, že nedošlo k hydrolýze pojivo, tedy nedošlo ani k transportu vlh-

kosti obsahované alkalickými ionty od podkladu k podlahovině.

Ani samotná povrchová vrstva není příčinou vzniku
cih poruch. Je dobře zpolymerována, má dostatečnou pev-
nost, její tloušťka je dostatečná, spíše větší (to zapříči-
ňuje její vnitřní napjatost, což je potenciálním zdrojem po-
ruch jiného druhu - odtrhávání od nosné vrstvy a místovité
sévňání u nedokonale provedených ukotvení^{u kotvení}). Odtrhávání po-
vrchové vrstvy podporuje přítomnost n-alkanů v nosné vrstvě,
jež brání spojení obou vrstev a při tahu (polymeraci) se
vylučují na povrchu. Přesto, že nemají být vůbec přítomny,
je jejich obsah dokonce větší, než odpovídá normě pro vy-
rovnávací vrstvu. Přítomnost parafinů ukazuje na to, že do
základní nosné vrstvy byl nesprávně přidán styrenový roztok
PAR 5. Neděrné množství styrenu ve směsi pak vytváří vhod-
né podmínky pro oxidaci: oxiduje se za vzniku škodlivých lá-
tek (fenyltylenglykol atd.), které mohou způsobit dříve po-
psané další porušování pryskyřičného systému (i vytvrzeného).

K porušení povrchové vrstvy může dojít buď mechanickým
promáčknutím pod současně působícím břemenem (kolo vozíku),
následovaným vznikem paprskovité rozložených trhlin, nebo od-
dělením od nosné vrstvy ve větší ploše s případným sevňáním
okrajů. V některých případech, zvláště tam, kde tloušťka
velká, pevnost nosné vrstvy malá a teplotní změny velké (okolí *gelcoat je*)

pací), může dojít i k samovolnému trhlínkování (kreklování).

Základní příčinou černění polyesterové podlahoviny v provozních prostorách pekárny Michle byla prokázaná oxidace pryskyfice jako důsledek inhibice nebo nedostatečné iniciace polymerace. K inhibici nebo nedostatečné iniciaci polymerace pak došlo chybou technologie provádění.

OPATŘENÍ K NÁPRAVĚ

Bylo již zmíněno o vlastních pokusy experimentálně potvrzeno, že nosnou vrstvu anebo znehodnocenou oxidací působením nelze opravit vytvořením nové strukturální kostry (v pórech starého systému) pojiven na stejné bázi. Nelze tedy počítat se zpevněním např. penetrací odkryté nosné vrstvy polyesterovou pryskyficí; v systému přítomné splošiny oxidace jsou tak účinnými inhibitory, že jejich působení nelze přemoci ani mnohonásobně zvýšenou dávkou tužidla nebo urychlovače, ani žádnou jinou dostupnou cestou.

Zbývají tedy v podstatě dva způsoby, jak porušenou podlahovinu uvést do použitelného stavu:

- a) úplná výměna povrchové a nosné vrstvy podlahoviny (a použitím stejného druhu, tj. na bázi polyesterové pryskyřice, nebo jiného druhu, např. na epoxidové bázi);
- b) odstranění povrchové vrstvy, spevnění nosné vrstvy penetrací vhodnou hmotou a provedení nové povrchové vrstvy ze stejné hmoty.

a) V prvním případě (úplná výměna podlahoviny) je možné ponechat penetrační vrstvu a vrstvu spojovací, pokud bude po odkrytí zjištěno, že vykazují dobré vlastnosti: obvyklou tvrdost a pevnost. V opačném případě, tj. vykazují-li i spojovací vrstva, případně penetrační nátěr porušení oxidačním působením vzdušného kyslíku, je třeba odstranit i tyto vrstvy a navíc provést důkladné očištění betonové podložky, (i zbytků původního penetračního nátěru), což lze prakticky zajistit pouze opískováním (obekováním) až na strukturu betonu, následovaným důkladným vysátím. Pokud se přistoupí k této alternativě, bylo by zřejmě v zájmu jednotnosti vhodné položit opět podlahovinu Betoplast (polyesterový plastbeton s povrchovou vrstvou). Při dobrém provedení podlahoviny ve smyslu technických podmínek np. Armabeton (ESP 12-73)

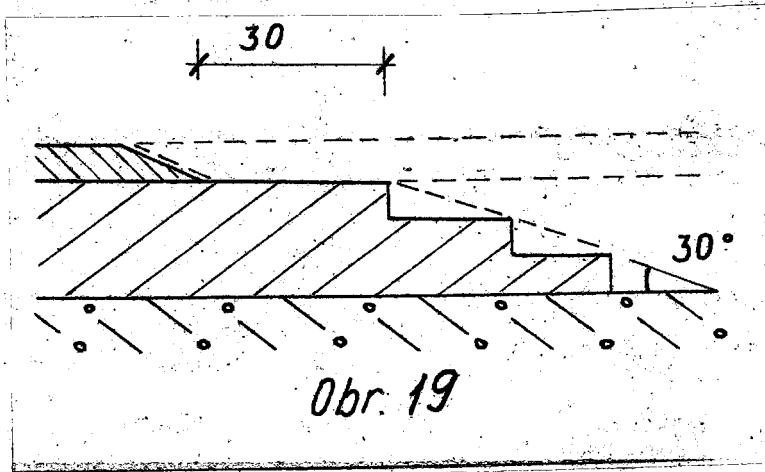
lze v daném případě očekávat příznivý výsledek i pro velmi těžký provoz přesto, že pod podložkou není provedena vodotěsná izolace. Na většině plochy lze očekávat převážnou část roku teplotní spád shora dolů⁶ v tomto smyslu i difuzní tek vodních par, pokud se nějaké ve stropní (nebo podlahové) konstrukci vytvoří. Pouze v místech s vyšší teplotou u spodního povrchu stropní konstrukce (topné kotle např.) je zapotřebí větší opatrnosti. Zde by mělo být před pokládáním podlahoviny potvrzeno zkouškou (sondou), že podložka i další podkladní vrstvy jsou suché, tj. s rovnovážnou vlhkostí při průměrných teplotních podmínkách. Opatření podhledu nepropustným nátěrem v místech s kolísající vlhkostí pod stropní konstrukcí by mělo být pravidlem. Ovšem i v ostatních místech půdorysu je třeba se přesvědčit, že vlhkost celého podlahového systému pod podlahovinou je v přijatelných mezích, nelišících se mnoho od hodnoty průměrné rovnovážné vlhkosti.

Vzhledem k tomu, že pod podložkou podlahoviny není provedena vodotěsná izolace, je nezbytné zajistit v zimním období trvale takový režim a způsob vytápění výrobních prostor, který zabezpečí v celém rozsahu provozovny (tedy i u expedičních východů) kontinuální teplotní spád v konstrukci podlahy shora dolů. To platí i pro období během pracovních přestávek (sobota, neděle, svátky), a to bude-li aplikována nepropust-

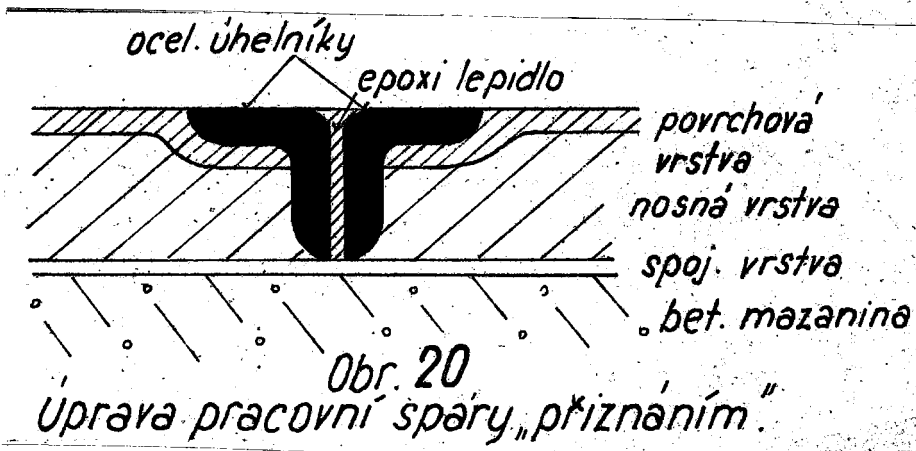
ná podlahovina na jakékoli bázi.

Při rozhodování o volbě nového podlahového systému (jeho pryskyřičné bázi) je třeba též opatrně zvážit okolnost, že oprava bude prováděna bez přerušení provozu. Při použití Metoplastu (t.j. na polyesterové bázi) polyester-styrenové páry (jež mohou být i toxické, přesáhne-li jejich koncentrace 50%) jsou nepříjemné a znechodňují stravu (zápachem). To ovšem platí stejně pro pojiva na epoxidové bázi, pokud by byly použity epoxidové pryskyřice feděné styrenem (např. ChS Epoxi 2300, 1241 apod). Proto použití polyesterového systému nebo epoxistyrenového systému vyžaduje velmi účinné větrání (a to i po dohotovení - do vytvrzení podlahoviny, což u polyesterového systému činí alespoň 24 hod., u epoxidového systému nejméně 48 hod.) a odstranění potřeavin alespoň z okolí rekonstruovaného místa.

V případě, že bude rekonstrukce popsáným způsobem (výměnou celé podlahoviny) prováděna po částech, jak je zřejmé z provozních důvodů nezbytné, je třeba pečlivých úprav pracovních spár. Při úpravě pracovní spáry "amonolitněním" by přerušení geleostů (povrchové vrstvy) nemělo kopírovat přerušení nosné vrstvy plestbetonu a plestbeton by měl být ukončen stupňovitě nebo šikmo pod úhlem cca 30° (viz obr. 19).



Obr. 19 Úprava pracovní spáry "amonolitněna"



Při úpravě pracovní spáry lze použít i jiného postupu: vytvoření markantní ("přiznaná") spáry. Základní plastbetonová vrstva se ukončí ocelovým úhelníkem a pokračování plastbetonové vrstvy začne znovu úhelníkem, který se přilepí epoxidovým lepidlem (tmelen) ke starému. Povrchová vrstva se ukončí v rovinaš přírub úhelníků a příruby se stejným materiálem podloží (obr. 20).

Velkou pozornost je třeba věnovat všem ukončením u okrajů (u zdí, u základů strojů, u prostupů, u jiného podlahového systému), neboť spontánní napětí od smrštění a změn teploty jsou poměrná, tj. nezávislá na velikosti dilatačního celku. Na okrajích plastbetonové vrstvy, v místech přerušení její kontinuity dochází ke koncentraci napětí ve styčné spáře; průběh těchto napětí je obdobný jako např. při vytahování výstuže z betonu podle obr. 21. Vrchol křivky znázorňující průběh smykového napětí na styku obou materiálů odpovídá zhruba dvojnásobku průměrné hodnoty tohoto napětí ^{x/}

x/ K obdobné koncentraci smykového napětí v kontaktní zóně dochází i v každém případě, kdy z jakéhokoli důvodu dojde k místnímu oddělení (porušení soudržnosti) sousedních vrstev. To platí jak pro styk nosné vrstvy podlahoviny s betonovou podložkou (příp. spojevací vrstvou), tak i pro styk povrchové a nosné vrstvy podlahoviny.

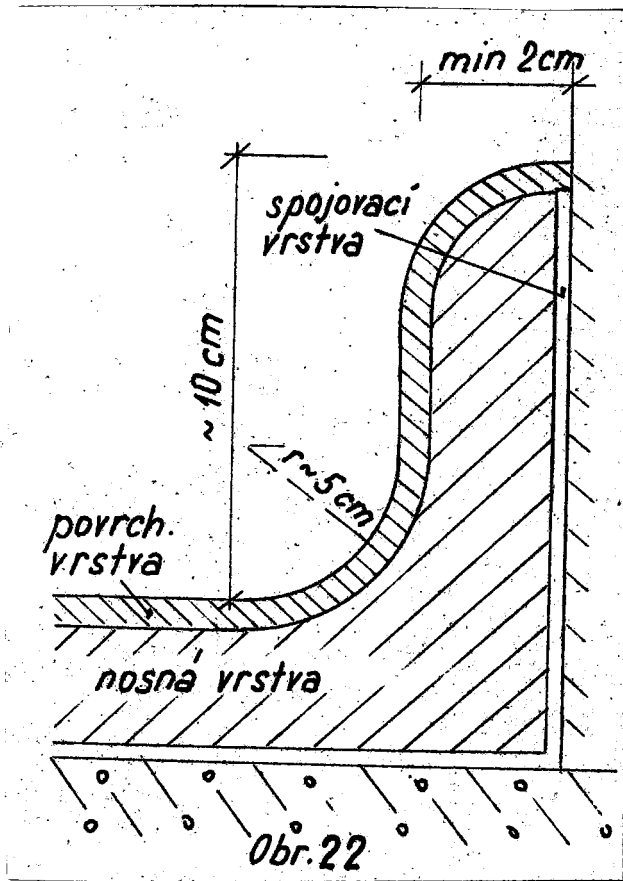
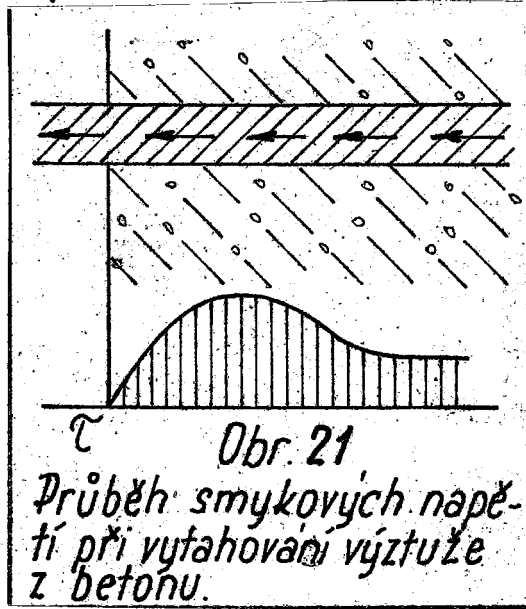
Technicky lze použít buď ukončení s okrajovým vystužením soklem z plestbetonu nebo ukončení zakotveným ocelovým úhelníkem.

Ukončení soklem (pokud nebrání provozu) je účinné, je-li zdívo s dostatečně pevného materiálu a je před nanášením plestbetonové vrstvy dobře očištěno a penetrováno (hodí se např. dobrý beton, dobré cihly, nehodí se škvěrobetonové tvárnice, lehčené cihly). Sokl se provede s dostatečným zakřivením do výšky cca 10 cm nad povrch podlahoviny (obr. 22).

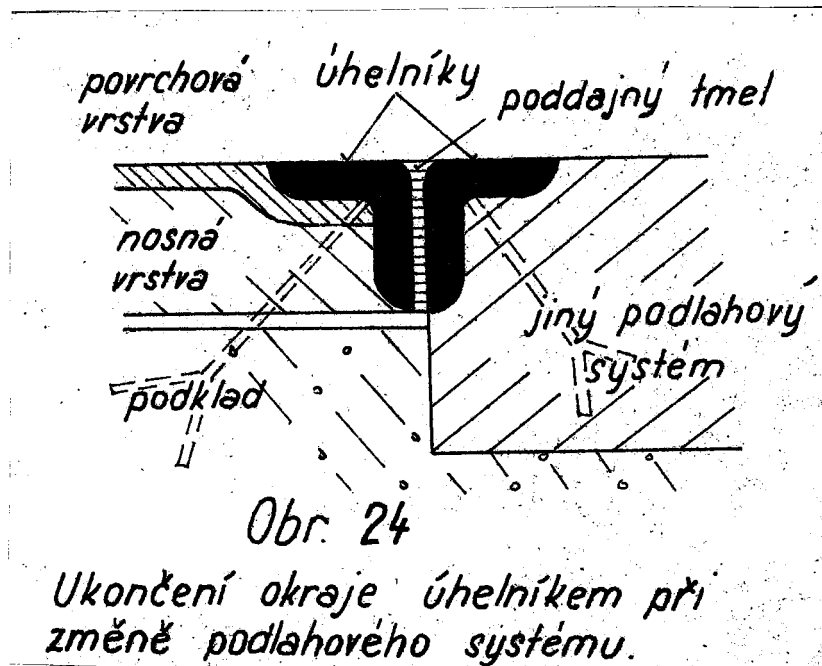
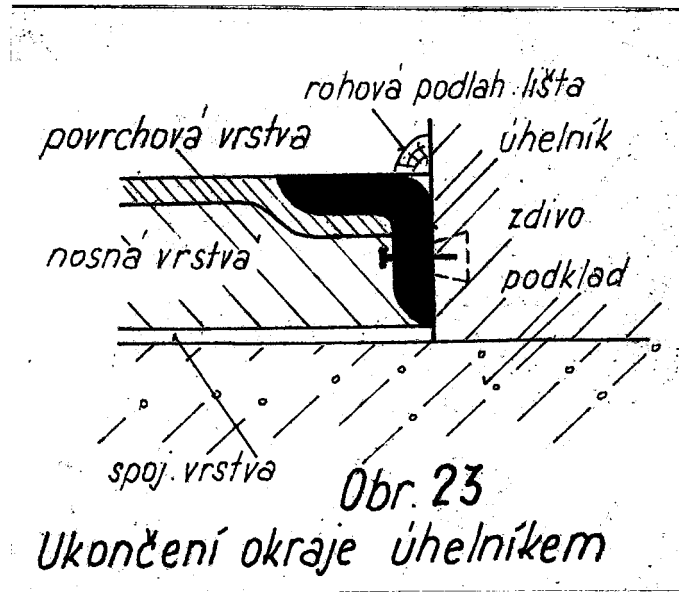
Ukončení úhelníkem je možné dvěma způsoby:

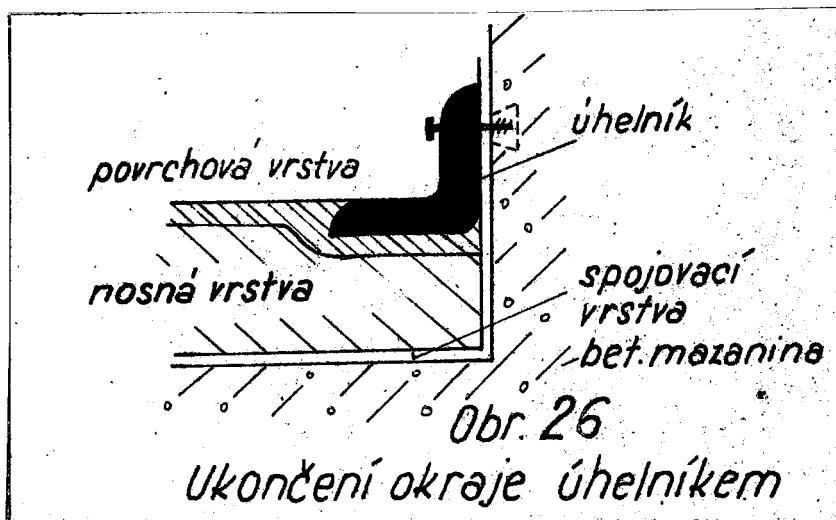
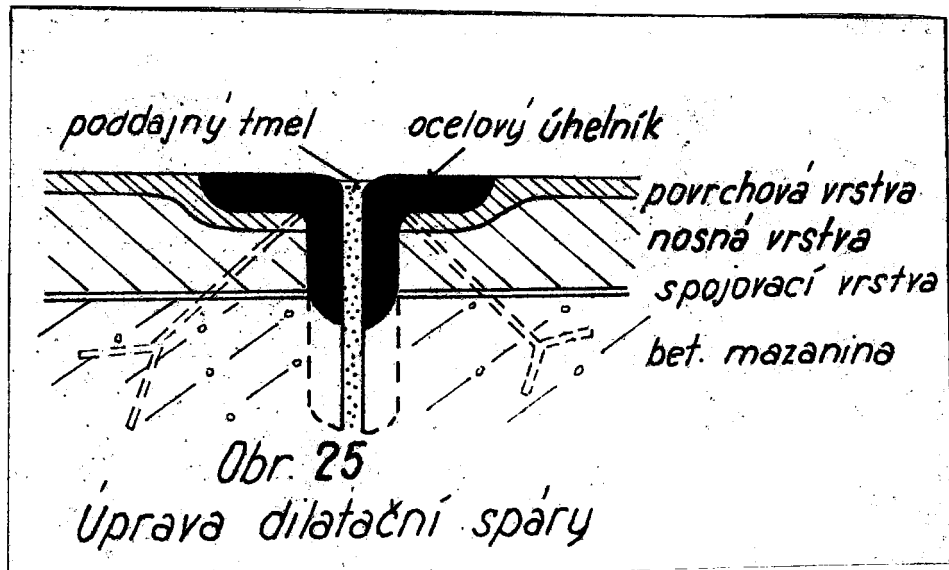
- buď úhelníkem otočeným dolů, což je vhodné u zdívo z nosných tvárnice nebo cihel, při styku s jiným podlahovým systémem nebo u dilataci podlahového systému (stropní konstrukce (obr. 23, 24, 25);
- nebo úhelníkem otočeným nahoru, použitelným u vertikálních stěn, dostatečně pevných nebo monoliticky spojených se stropní konstrukcí (obr. 26).

Použije-li se ukončení úhelníkem, je třeba zajistit utěs-



Obr. 22 Ukončení pošlaby seklem z plechbetonu





nění vzniklé spáry vhodným, trvale plastickým tmelen, aby bylo zabráněno pronikání vlhkosti do podlahového systému (např. při mytí podlah).

Stejný způsob úpravy všech ukončení je nutno splíkovat i v případě, že se použije druhý způsob rekonstrukce (penetrace nosné vrstvy a vytvoření nového gelcoatu). Tato úprava je nezbytnou podmínkou trvalé bezpraškovosti podlahoviny. Proto všude, tj. i kde se nebude zatím provádět žádná rekonstrukce podlahoviny, by bylo vhodné takovou úpravu ukončení provést např. u konstrukčních dilatací nebo na styku se shora překryvanými kanály.

ed b) Ve druhém případě (zpevnění stávající nosné vrstvy) provede se po odstranění povrchové vrstvy (gelcoatu)

1. Důkladné očištění povrchu nosné vrstvy (vyčistí) od všech zbytků vybourané povrchové vrstvy
2. Penetrace neměkčenou epoxidovou pryskyficí ^{x/} ve složení:
ChS Epoxi 1200 nebo ChS Epoxi 15 100 v.č.
Resenil PV konc. pro E 1200 18 v.č.
..... pro E 15 27 v.č.

x/ Rozkladné produkty nespolymerované polyesterové pryskyfice přítomné v nosné vrstvě mohou samy být příčinou účinného změkčení penetrované epoxidové pryskyfice

podle doporučení výrobce ve vztahu ke druhu použité pryskyřice.

V žádném případě se nesmí použít jakýkoliv pryskyřice ředěné styrenem nebo zředěné (dibutylftalátem epod.). Ředění penetračního roztoku lze provést pouze směsí toluenu (nebo čistého xylenu) a izopropylalkoholu v poměru 1:1 a to nejvýše do množství 30% na váhu pryskyřice. Pro penetrační zpevnění lze též uvažovat namísto epoxidu s furof-furalovým systémem. Monomerní furylalkohol ve směsi s furylaldehydem v poměru 10: 2-3 (podle teploty) se smísí s vhodným tužidlem (např. para-toluensulfonovou kyselinou v množství 2 - 4% váh. na furof, nebo beta-naftalen-sulfonovou kyselinou v množství 3-5% váh. na furof).

Podle druhu použité pryskyřice (nebo monomeru) je třeba vyzkoušet před počátkem rekonstrukčních prací vhodnost zvoleného způsobu tužení a viskozity penetračního roztoku. Je třeba dosáhnout toho, aby penetrační roztok zcela (na celou výšku) prosytil porušenou nosnou vrstvu polyesterového plastbetonu a aby došlo k jeho vytvrdnutí nejdříve za 48 hod. O tom je třeba se přesvědčit vyvrtním penetrovaného vzorku (až na betonovou podložku). V případě, že se nepodaří ani úpravou viskozity ani tužícího systému dosáh-

neut úplného propracování nosné vrstvy nebo vytvrzení penetračního roztoku, nezbyde než od tohoto místa odteout a zrekonstruovat provést podle 1. alternativy.

3. Dojde-li k propracování a vytvrzení, provede se co nejdříve zatavení /vyrovnaní/ povrchu nosné vrstvy tmelem připraveným z epoxidové pryskyřice obědvaše složení, jako byla navržena pro penetraci, takto:

| | |
|--|-----------------|
| CHS Epoxy 1200 nebo 15 | 100 v.d. |
| Resinil FV konc. | 18 nebo 27 v.d. |
| /přip. místo aminoxidu B 500 + Fl/ | 50 v.d. |
| jemný písek JUK | 39 v.d. |
| acrosil | 1-2 v.d. |
| kyličník Melocit | 2 v.d. |
| titanová bíloba | 2 v.d. |

4. Po zatvrzení této vyrovnávací vrstvy provede se přetroušením a pečlivé vysátí.
5. Co nejdříve /ne déle než na 48 hod./ se položí povrchová vrstva na basis epoxidové pryskyřice, v tloušťce cca 1,5 cm. Pro povrchovou vrstvu lze použít kteroukoliv liči podlahovinu na basis epoxidových pryskyřic /i směsí/ vykouřenou a osvědčenou v up. Konstruktiva, neobsahující však žádná množství styrenu.

Je třeba ještě konstatovat, že ani při epoxidové /nebo furanové/ penetraci do polyesterového systému, prosycené produkty rozkladného oxidačního procesu a vytvrzené polyesterové pryskyřice, nelze vyloučit pomocí nebo posilující narušování nové epoxidové /nebo furanové/ struktury, a když dojde na počátku k úplnému vytvrzení epoxidu /furoli-furolu/. Z rozkladných produktů obsažených v porušeném systému lze jmenovat především benzaldehyd a fenylotylenglykol, avšak další rozkladných produktů se nepodařilo identifikovat. Pro-
ces tvrdnutí by neměl být tímto lichtením ovlivněn. Při správném provedení této drobné alternativy rekonstrukce lze s uve-
lenou výhradou očekávat bezporuchovou životnost pod-
lahoviny nejméně 10 - 15 let a lze v jistém smyslu toto řešení považovat za dlouhodobé provisorium s možnou nadějí na trvalé použití.

Nemývá než ještě jednou zdůraznit, že práce popsaného typu a vůbec provádění novodobých systémů, od nichž se očekává nová, vyšší kvalita než od systémů tradičních, vyžadují podstatně pečlivější a přesnější provádění všech prací, než je zvykem u tradičních technologií. Úspěch nebo neúspěch aplikace nových materiálů je i v daném případě převážně v rukou prováděcího závodu.

S O U H R N

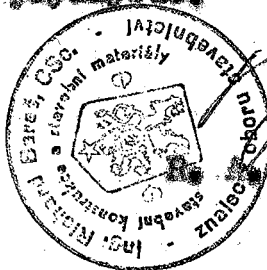
Při výstavbě nové pekárny v Michli byla aplikována ve výrobě jeho podlahovina s polyesterového plastbetonu s povrchovou úpravou. Při její výrobě došlo k řadě technologických chyb, jež měly za následek vznik opakovaných poruch podlahoviny.

Ze sít se prokázalo, že hlavní příčinou poruchy podlahoviny je porušení její nosné vrstvy. Z provedených analýz, ověřovacích zkoušek a modelování analogických poruch, bylo možno rekonstruovat pravděpodobné chyby technologického procesu /s nichž nemohly pásebit všechny současně/ takže nosná vrstva byla připravována s přísunem nedostatečně suchého /a bez odlišité granulometrie/, nedošlo k dostatečně účinnému promíšení směsi, směs byla na účelem složení zpracovatelnosti ředěna styrenem /nebo bohatě okřídlena při zpracování/, zpracování bylo nedůležité, spočívající převážně s pouhého rozhrnutí šarstvé směsi. K pokládání povrchové vrstvy došlo až po dlouhé době. Nelze vyloučit ani nedostatečné dávkování tužidla, případně urychlovače, ani inhibitor polymerace dalšími látkami. V některých místech nebyla provedena spojevací vrstva, v jiných vyrovnávací vrstva. Tloušťka povrchové vrstvy je místy nadměrná. Nebyla ani navržena a provedena vhodná izolace pod betonovou podlahou.

Ze sít dále se prokázalo, že v důsledku velmi tvrdé

ti /polymerace//vliven přítomné vody nebo jiných inhibitorů nebo vliven nedostatečného množství tučidla případně urychlovače nebo nadbytku styrenu/ došlo k oxidační reakci párovění vzdušného kyslíku na veníku řady rozkladných produktů, jež se samy ukázaly být účinnými inhibitory další polymerace.

Rekonstrukce je možná buď výměnou celó stávající podlahoviny na tutěš, řádně provedenou podlahovinu a polyesterového plastbetonu, nebo - s jistou rezervou - vytvořením nové polymerní kstry v porušené nosné vrstvě a penetrování epoxidové nebo furol-furalové pryskyřice a nové povrchové vrstvy na bazi cyocidových pryskyřic.



Jareš
BAREŠ

Znalecká doložka:

Znalecký posudek jsem podal jako znalec jmenovaný rozhodnutím ministra spravedlnosti ze dne 11. 10. 1967 č. j. ZT 108/67 pro základní obor stavebnictví, pro odvětví staveb obytných, průmyslových a zemědělských a stavebního materiálu.

Znalecký úkon je zapsán pod poř. čís. 49/77 znaleckého deníku.

Znalečné a náhradu nákladů (náhrada mzdy) účtuji podle přílohé likvidace na základě dokladů čis. _____

