

JERZY BURSA
Katedra Przeróbki Plastycznej

BADANIE METOD OTRZYMYWANIA I WŁASNOŚCI BLACH
STALOWYCH POKRYTYCH TWORZYWAMI SZTUCZNYMI^{x)}

Streszczenie: Opisano metody otrzymywania i badania oraz własności blach (taśm) stalowych pokrytych powłoką z polichlorku winylu. Określono wpływ jakości powierzchni blachy na przyczepność powłoki, zbadano przydatność nowego materiału do tłoczenia oraz ustalono optymalne warunki nanoszenia powłoki na taśmę stalową.

1. Przedmiot pracy

Blacha lub taśma metalowa pokryta cienką warstwą termoplastycznego tworzywa sztucznego produkowana jest na Zachodzie zaledwie od kilku lat. Nosi ona tam nazwy: w Wielkiej Brytanii - pla-steel, stelvetite, pacsteel, artbrite, lamiplate, w Stanach Zj. A.P. - marvibond, arvinyl, samsonite, w NRF - platal, kasha-band, rapolyt, w Belgii - skinplate i w Japonii - artbond, [1 +12].

Dla ewentualnie produkowanych w przyszłości w kraju taśm stalowych pokrytych polichlorkiem winylu autor proponuje nazwę "polwital", "polwimet" lub "polwistal", jako połączenie sylab z wyrazów: "polichlorek winylu na metal (na stal)"^{xx)}.

x) Jest to skrót pracy doktorskiej, której promotorem był prof. dr inż. Tadeusz Pełczyński - kierownik Katedry Przeróbki Plastycznej Politechniki Warszawskiej.

xx) Vinyl-metal laminates (ang.), Vinyl-Metall-Schichtstoffe (niem.) Metalł pokrytyj polivinilchloridom (ros.), Stratifies de vinyl-metal (fr.), Laminados de vinilo/metal (hiszp.).

W krajach socjalistycznych nowy ten materiał nie jest dotychczas produkowany, chociaż prace w tym kierunku prowadzą ZSRR i CSSR, [13, 14].

Taśma metalowa z powłoką z tworzywa sztucznego, takiego jak miękki polichlorek winylu (igielit) lub polietylen, posiada liczne zalety użytkowe: jest odporna na korozję i działanie różnych, nawet silnie agresywnych substancji chemicznych, ma wysokie walory estetyczne - może imitować skórę, drewno, marmur, tkaniny itp., przy dotyku daje charakterystyczne uczucie ciepła, przeciwnie niż farby, lakiery i emalie. Bardzo ważną cechą tego nowego materiału jest jego podatność do kształtowania plastycznego. Może on być gięty, wyoblany, tłoczony przy użyciu zwykłych narzędzi do formowania blach.

Dwuwarstwowy laminat z metalu i tworzywa sztucznego znajduje coraz szersze zastosowanie w różnych gałęziach przemysłu, zwłaszcza w przemyśle lekkim na obudowy lodówek, pralek, mebli, w przemyśle elektrotechnicznym na skrzynki radiowe, telewizorowe, obudowy aparatów elektrycznych, motoryzacyjnym, budowy okrętów, wagonów kolejowych, budowlanym na licowanie ścian, na obudowy urządzeń klimatyzacyjnych, w przemyśle chemicznym na elementy aparatów narażonych na działanie agresywnych substancji, w przemyśle konserwowym na opakowania i in.

2. Cel pracy

Celem pracy było ustalenie optymalnej, w obecnych krajowych warunkach, metody nanoszenia powłoki z tworzywa sztucznego na taśmę stalową, właściwy dobór materiałów, zbadanie wpływu grubości i stopnia zmiękczenia folii PCW, czasu i temperatury żelowania kleju oraz wpływu sposobu przygotowania powierzchni metalu na przyczepność tworzywa, a także stwierdzenie przydatności nowego materiału do tłoczenia.

3. Wytwarzanie laminatu

Znane są trzy odmiany ciągłego sposobu nanoszenia powłoki z tworzywa sztucznego na taśmę metalową (rys. 1) [1+12, 15, 20]

- a) naklejanie folii ze zmiękzonego PCW lub polietylenu,
- b) naklejanie pasty PCW,
- c) naklejanie proszku PCW.

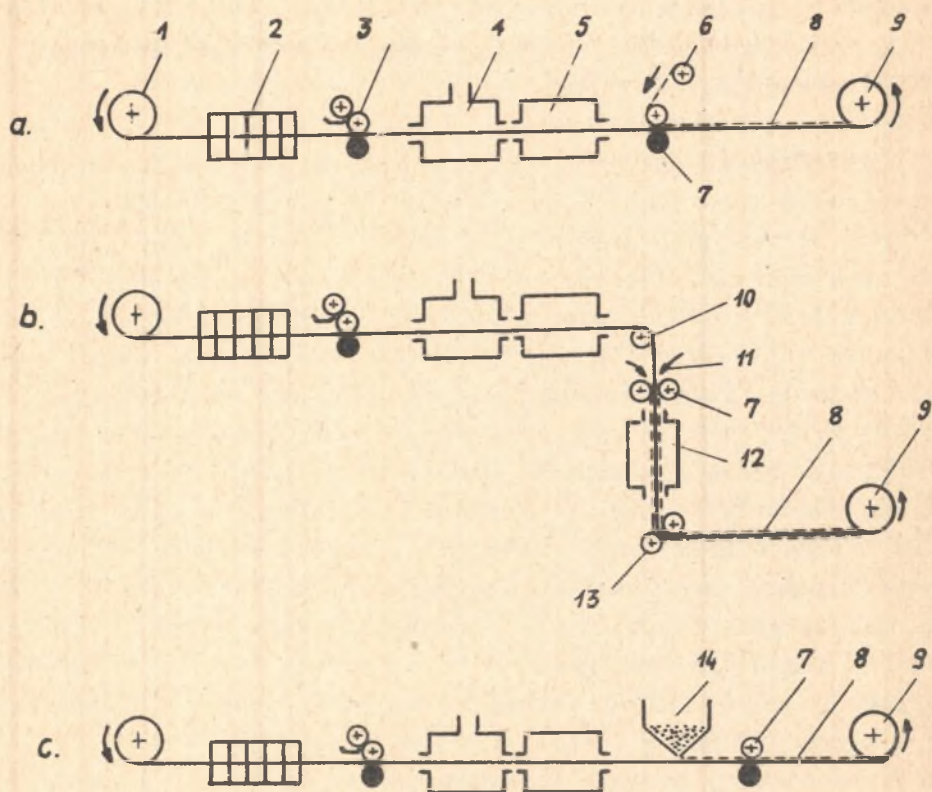
W metodzie a) proces przebiega następująco: taśma metalowa rozwijana z rozwijarki 1, przebiega przez zespół wanien 2, w których oczyszczona jest z tłuszczów i tlenków, a niekiedy także fosforanowana. W trój- lub czterorolkowym urządzeniu 3 nakładany jest na taśmę specjalny klej, który następnie schnie w suszarce 4 i żeluje w piecu 5. Na tak przygotowaną taśmę nawalcowuje się folię PCW dostarczaną ze zwoju 6 do walcarki 7. Gotowy wyrób 8 zwija się na napędzanej zwijarce 9. Przemysłowe urządzenia posiadają ponadto prostarki do taśmy, nożyce, zgrzewarki, zasobniki taśmy, pętlownice, urządzenia chłodnicze itp.

W metodach nanoszenia pasty lub proszku PCW proces przygotowania taśmy aż do momentu jej wyjścia z pieca 5, jest taki sam jak opisano poprzednio - w dalszym jednak etapie, zamiast folii - nakładana jest pasta 11 lub proszek 14. Pastę może być nakładana jedno- lub dwustronnie. Pastę tą grzeje się dodatkowo w piecu 12. Walce 13 wyciskają na niej wzór.

W metodzie c) proszek 14 wysypuje się na taśmę z zasobnika i rozwalcowany jest walcami 7.

Na powłoki stosuje się najczęściej zmięczony polichlorek winylu. Materiał o nazwie "rapolyt" posiada powłokę polietylenową. Czynnione są próby nanoszenia w sposób ciągły poliamidu i policzterofluoroetyleny (teflonu).

Na podkład stosowana jest najczęściej taśma stalowa, zimnowalcowana, wyżarzona, tłoczna lub głębokotłoczna, o szerokości do 1200 mm i grubości od 0,2 do 1,5 mm. Niektórzy producenci stosują taśmę aluminiową. Grubości nanoszonych powłok nie przekraczają 1,0 mm. Najczęściej nanosi się cienkie powłoki o grubościach od 0,05 do 0,1 mm, [1, 3, 6, 12, 15+20].



Rys. 1. Metody nanoszenia powłok z tworzyw sztucznych na taśmę stalową

a) naklejanie folii, b) naklejanie pasty, c) naklejanie proszku

1 - rozwijarka, 2 - chemiczna i ewentualnie mechaniczna obróbka powierzchni taśmy, 3 - nakładanie kleju, 4 - odparowanie rozpuszczalnika, 5 - żelowanie kleju, 6 - rozwijarka folii, 7 - waloarka (dolny walec pokryty jest syntetycznym kauczukiem lub poliozterofluoroetylenem (teflonem)), 8 - gotowy wyrób, 9 - zwijarka, 10 - rolka, 11 - zasobnik pasty, 12 - piec, 13 - walec do wyciskania wzoru, 14 - zasobnik proszku

Szybkości biegu taśmy w urządzeniach ciągłych wahają się w szerokim zakresie od 0,5 do 100 m/min, zależnie od stosowanej metody, sposobu przygotowania powierzchni taśmy, rodzaju materiałów, czasu i temperatury żelowania kleju, grubości podłoża i powłoki itp, [1, 12, 16 + 20].

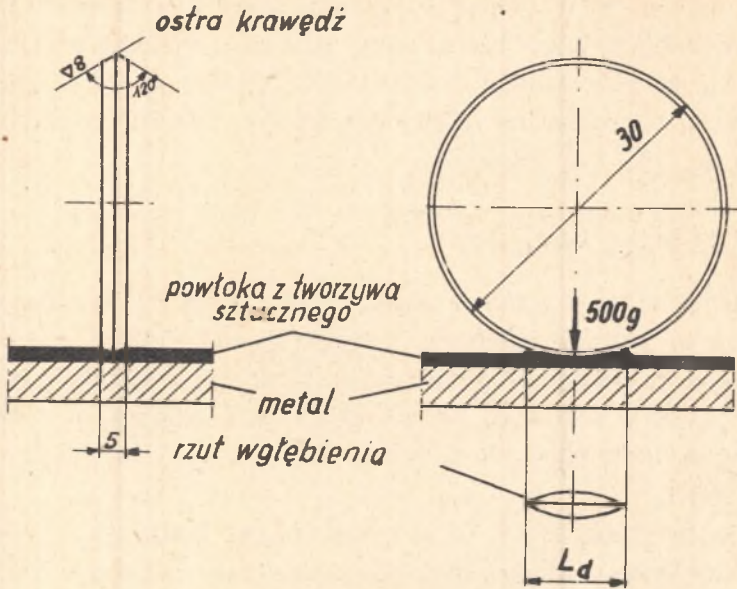
4. Metody badania laminatu

Obeonie odozuwa się jeszcze brak ostatecznie zdefiniowanych metod badania taśm metalowych pokrytych tworzywami sztucznymi. Poszczególni producenci z krajów zachodnich stosują własne próby oceny jakości wyrobów. Są to właściwie badania wzorowane na znanych sposobach badania metali, tworzyw sztucznych i powłok lakierniczych.

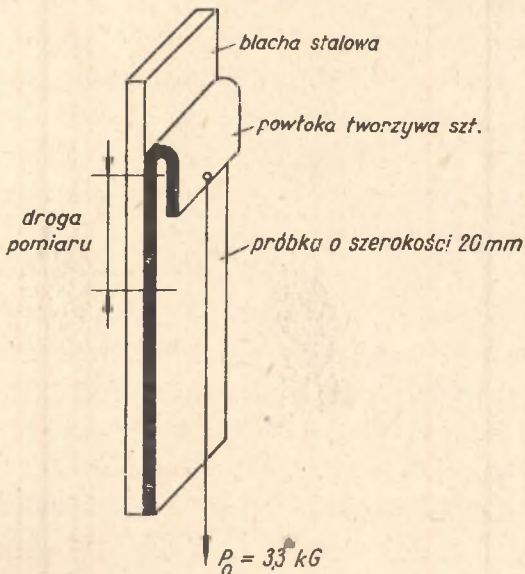
Badać można, zależnie od przeznaczenia laminatu, jego odporność chemiczną, korozyjną, cieplną, odporność na żar, własności izolacyjne, elektryczne, mechaniczne i in. Własności te są zwykle znane w wyniku badań samej taśmy i tworzywa sztucznego.

Spółród własności mechanicznych badać można twardość powłoki, jej przyczepność do podłoża (tzn. siłę odrywania od podłoża), wytrzymałość laminatu na rozciąganie oraz tłoczność. Twardość określać można znanymi metodami, jeśli powłoka jest dostatecznie gruba. W NRF stosowany jest sposób zaproponowany przez Buchholza (rys. 2), polegający na odczytywaniu długości wgłębienia powstałego pod wpływem nacisku wywartego w określonym czasie przez krążek stalowy o ciężarze 500 g, [15].

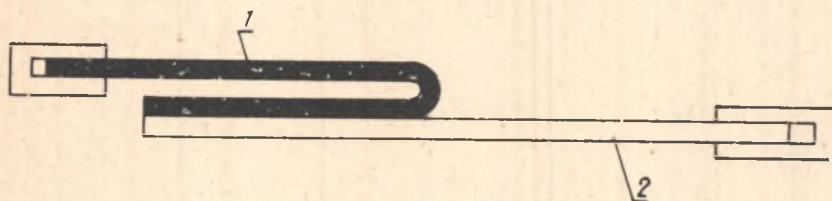
Przyczepność powłoki do podłoża stwierdza się odrywając pasek powłoki o określonej szerokości, jak to przedstawiają rysunki 3 i 4. Miarą przyczepności jest albo szybkość odrywania powłoki pod wpływem ustalonego obciążenia (rys. 3) [15] lub siła odrywania (rys. 4), [3, 20]. Odmiennym sposobem badania przyczepności, jednak bez możliwości ilościowego określenia, jest metoda łącząca równocześnie badanie tłoczności laminatu.



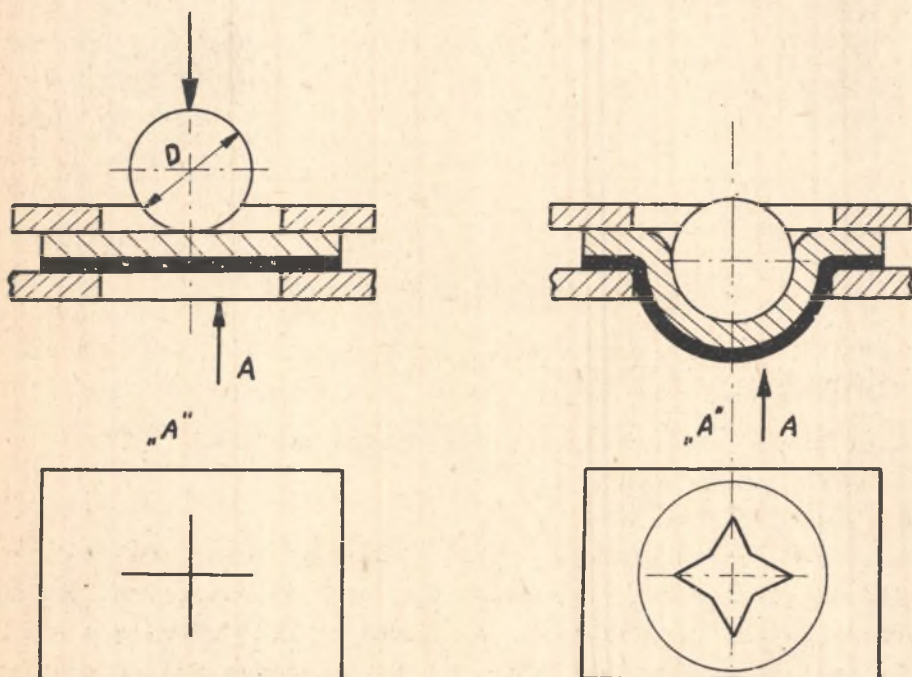
Rys. 2. Metoda określania twardości wg Buchholza



Rys. 3. Badanie przyczepności

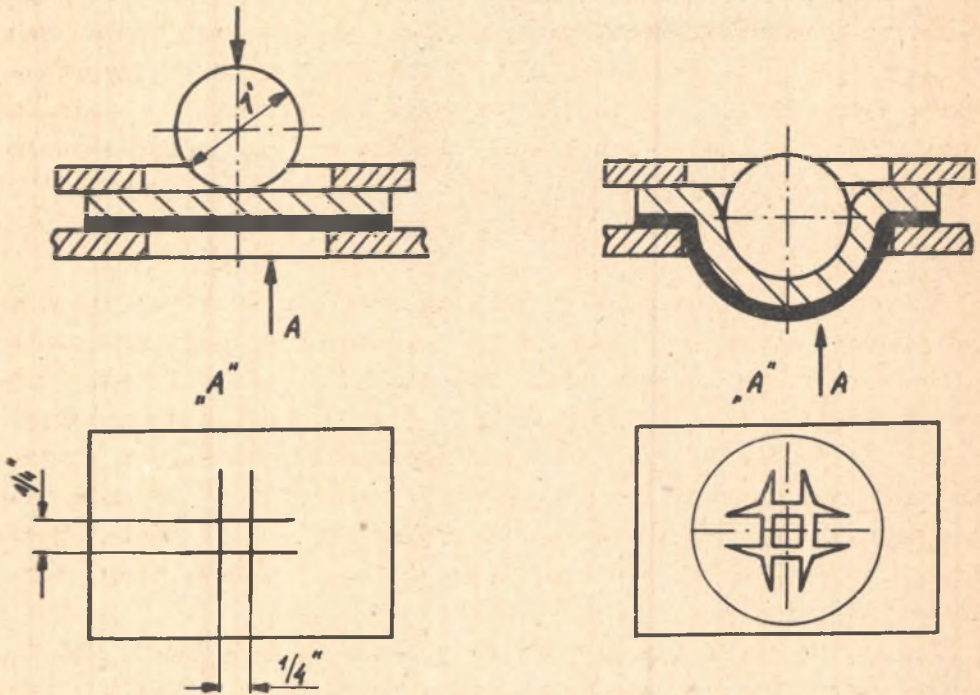


Rys. 4. Badanie przyczepności
1 - powłoka, 2 - metal



Rys. 5. Badanie przyczepności

Wykorzystując próbę Erichsena, określa się trwałość połączenia metalu z tworzywem przez woiskanie w laminat kulki od strony metalu, w miejscu, gdzie krzyżują się na powłoce nacięcia pojedyncze (rys. 5) lub podwójne, (rys. 6), [20].



Rys. 6. Badanie przyroczepności

5. Badania własne i wnioski

Badania własne obejmowały dwa zasadnicze problemy

- 1) wytwarzanie laminatu,
- 2) własności laminatu.

Ad. 1. Do badań własnych użyto wyżarzoną taśmę stalową zimnowalcowaną, tłoczną, o grubości 0,2 mm i szerokości 60 mm, dostarczoną przez hutę Florian. Wykonano analizę chemiczną stali.

Na powłokę zastosowano folię ze zmiękzonego polichloroku winylu. Folię sporządzano mieszając w różnych stosunkach wago-

wych krajowy PCW, typ "vestalit G", produkcji Zakładów Chemicznych w Oświęcimiu, ze zmiękczaczem dwu-n-butyłu ftalanem. PCW mieszano z 5%, 10%, 20% i 30% zmiękczacza w mieszarce elektrycznej (robocie), a następnie z masy tej walcowano na walcuarce frykcyjnej, przy frykycji = 1, folię o grubościach od 0,05 do 1,0 mm. Walce ogrzewano elektrycznie. Jako środka wiążącego tworzywo sztuczne z metalowym podłożem, po licznych badaniach wstępnych, użyto płyn Grisocoll-P, produkcji firmy Knapsack-Griesheim (NRF). Klej ten, w procesie wytwarzania laminatu poddawany był obróbce cieplnej. Polegała ona na przyspieszeniu odparowania rozpuszczalników oraz na żelowaniu. Żel jest to stan, przy którym oiało stałe współistnieje równocześnie z cieczą.

Klej наносzono na stalowe podłoże przy pomocy miękkiego pędzla, a także przez zanurzenie w nim próbek. Klej mógł swobodnie obciekać. Czas schnięcia kleju nałożonego na odcinki taśmy stalowej określano przy pomocy suchego piasku kwarcowego nasypywanego na próbkę kleju, po określonym czasie suszenia w promieniach podczerwieni na wolnym powietrzu. Jeżeli ziarenka piasku odpadały z chwilą odwrócenia próbki - klej był suchy. Stwierdzono, że czas schnięcia kleju wynosił ok. 1 minuty przy temperaturze taśmy ok. 80°C.

Żelowanie kleju przeprowadzano początkowo w suszarce SEL 1, jednak ze względu na stosunkowo dużą bezwładność cieplną tej suszarki, zastosowano obudowany grzejnik elektryczny z termoregulatorem. Zmieniało czas i temperaturę żelowania kleju, ustalając jeden lub drugi czynnik. Na taśmę stalową z żelowanym klejem nawalcowywano na gorąco folię o różnej grubości i o różnych zawartościach zmiękczacza. Całkowity nacisk wywierany przez walce wynosił 13 kG na 60 mm szerokości próbki, przy średnicy walca wynoszącej 100 mm. Walce obłożony był gumą. Grubości folii mierzono na grubościomierzu do miękkich tworzyw sztucznych.

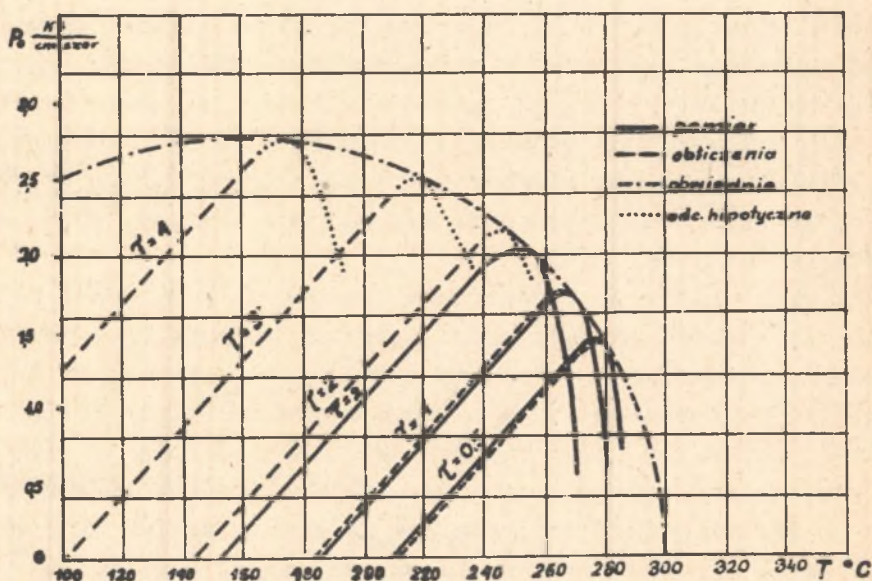
Półowę próbek, przeznaczoną do badań przyczepności, cięto nożycami na paski o szerokości 10 mm. Resztę próbek przeznaczono do badań tłoczności. Z pasków odrywano folię na poziomej zrywarcie firmy Amsler, odczytując siłę odrywania.

Uwzględniając uzyskane zależności między czasem i temperaturą żelowania kleju oraz siłą odrywania powłoki, sporządzono wykresy. Rysunek 7 przedstawia taką zależność dla folii PCW o grubości 0,6 mm i 30% zawartości zmiękczacza. Proste odcinki krzywych spełniają równanie:

$$P_0 = AT + \tau - B$$

gdzie:

- P_0 - siła odrywania powłoki, kg/cm szerokości próbki,
 T - temperatura żelowania kleju, °C,
 τ - czas żelowania kleju, min.,
 A i B - współczynniki zależne od rodzaju podłoża i folii.



Rys. 7. Wpływ temperatury T i czasu τ żelowania kleju na przy-czepność P dla taśmy stalowej tłocznej 0,2 mm i folii PCW o gr-u-bości 0,6 mm i 30% zawartości zmiękczoacza

Dla czasów żelowania kleju wynoszących 0,5 i 1 minutę, zgod-ność pomiarów z obliczeniami wykonanymi wg podanego wzoru jest

duża, dla $\tau = 2$ minuty, zgodność jest nieco mniejsza. Ponieważ proces wytwarzania laminatu powinien być jak najkrótszy - stosować należy czasy żelowania poniżej 2 minut.

Krzywe sił odrywania powłoki osiągają maksimum w momencie, gdy klej zaczyna tracić własności wiążące, tzn., gdy zaczyna się rozkładać (przepalać) wskutek zbyt wysokiej temperatury żelowania lub zbyt długiego czasu przetrzymywania kleju w podwyższonej temperaturze. Towarzyszy temu zjawisku gwałtowna zmiana barwy kleju na ciemnobrązową. Po ostudzeniu substancja ta jest krucha. Wierzchołki krzywych sił odrywania powłoki zakreslają obszar stosowalności kleju. Obszar ten mógłby być wyznaczony obwiednią rodziny tych krzywych. Wystarczyłoby wówczas wyznaczyć trzy punkty obwiedni, by określić zakres dopuszczalnych czasów i temperatur żelowania kleju. Sama obwiednia stanowi krzywą zbliżoną do optymalnych warunków żelowania. Najwyższy punkt obwiedni wyznacza największą siłę odrywania powłoki od metalu.

Badania przyczepności (adhezji) pozwoliły wysunąć wniosek, że stosowane obecnie metody określania siły P_0 nie zdają egzaminu przy odrywaniu cienkich powłok; wytrzymałość na rozciąganie materiału powłokowego, przy niewielkiej jego grubości, jest mniejsza niż wielkość siły odrywania, o ile proces wytwarzania laminatu był poprawny. W czasie badań cienka folia rwała się uniemożliwiając rejestrację siły P_0 . Dążyć należy do opracowania lepszej metody badania przyczepności.

Jakość połączenia tworzywa sztucznego z metalem zależy wybitnie od stanu powierzchni taśmy metalowej. Przeprowadzone badania miały także na celu określenie tego wpływu. Odrywano folię PCW z taśmy stalowej o powierzchni surowej, odtłuszczonej, trawionej w 25% HCl lub czyszczonej mechanicznie szczotką drucianą oraz fosforanowanej po uprzednim trawieniu lub oczyszczeniu mechanicznym. Wyniki tych badań przedstawiono w tabelicy 1. Najlepszą przyczepność wykazuje próbka odtłuszczonej i oczyszczonej mechanicznie szczotką drucianą. Fosforanowanie ochroni jednak niepokrytą powierzchnię taśmy przed korozją. Proponuje się zatem fosforanować taśmę jednostronnie przez natrysk preparatu fosforanującego, a powierzchnię pod klej oczyścić mecha-

Tablica 1

Wpływ stanu powierzchni taśmy stalowej
na przyrzepność folii PCW o zawartości 30%
zmiękacza i 0,3 mm grubości

Temperatura żelowania kleju: 250°C
Czas żelowania kleju: 0,5 min.

Nr próbki	Stan powierzchni taśmy	Siła odrywania folii P kG/cm ²	Średnia siła odrywania folii kG/cm	Uwagi:
1	2	3	4	5
10	surowa, odtłuszczoana w tri	0,6		
11	"	0,5		
12	"	0,6		
13	"	0,3	0,5	
14	odtłuszczoana w tri, oczyszczona mechanicznie szczotką drucianą	1,1		
15	"	1,0		
16	"	0,9		
17	"	1,1	1,0	
18	odtłuszczoana, oczyszczona mechanicznie i fosforanowana	0,5		przyrzepność b. równomierna na całej długości próbki
19	"	0,5		
20	"	0,6		
21	"	0,6	0,55	
22	odtłuszczoana, trawiona w 25% HCl i fosforanowana	0,6		przyrzepność równomierna na całej długości próbki
23	"	0,8		
24	"	0,9		
25	"	0,9	0,8	

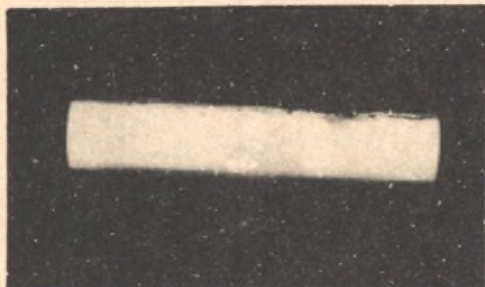
nicznie lub fosforanować taśmę obustronnie w kąpeli, a następnie powierzchnię pod klej oczyścić mechanicznie lub fosforanować gotowy laminat, oczywiście w kąpielach o temperaturze niższej niż wynosi wytrzymałość cieplna powłoki PCW lub kleju.

W czasie badań nad fosforanowaniem taśmy metalowej stwierdzono, że próbki oczyszczone mechanicznie szcztotką drucianą pokrywały się powłoką fosforanową około dziesięcio- do dwunastokrotnie szybciej niż próbki trawione. Tworzenie się powłoki fosforanowej polega na mikroelektrochemicznej reakcji zachodzącej między miejscowymi (punktowymi) katodami i anodami. Anody tworzą się na wierzchołkach wypukłości powierzchni blachy i w tych miejscach rozpoczyna się reakcja. Czym więcej i im drobniejsze będą ośrodki inicjujące reakcję, tzn. im liczniejsze i gęściej położone będą wzniesienia na powierzchni blachy stalowej, tym krótsza będzie droga, a także czas, dyfuzji fosforanów w zagłębienia stali. Również i struktura powłoki będzie zależała od stanu powierzchni blachy. Różnice te przedstawiono w tablicy 2. Próbka 1 przedstawia powierzchnię taśmy surowej, 2 - trawionej, 3 - oczyszczonej mechanicznie szcztotką drucianą, 4 - fosforanowanej po trawieniu i próbka 5 - powierzchnię taśmy fosforanowaną po oczyszczeniu mechanicznym. Chropowatości tych powierzchni obserwowano i mierzono na optycznym gładkościomierzu Schmaltza, którego zasadę działania opartą o tzw. "przekroje świetlne" przedstawiono na rysunkach 8, 9 i 10. Powłoka po oczyszczeniu mechanicznym jest drobnoziarnista, jasna, bardziej jednolita i trwalsza niż po trawieniu. Jakość powłok badano mierząc czas upływający od chwili naniesienia na powłokę kropli wodnego roztworu siarczanu miedzi, soli kuchennej i roztworu kwasu solnego - do chwili zmiany zabarwienia kropli. Im ten czas jest dłuższy, tym powłoka jest lepsza, trwalsza.

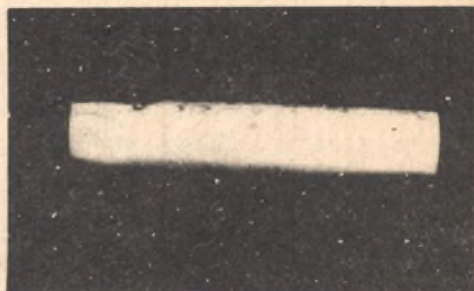
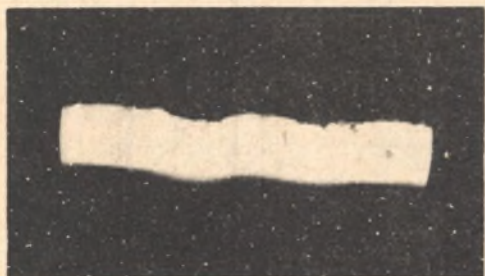
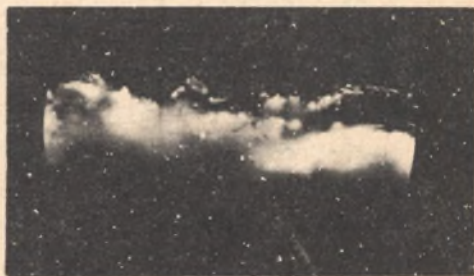
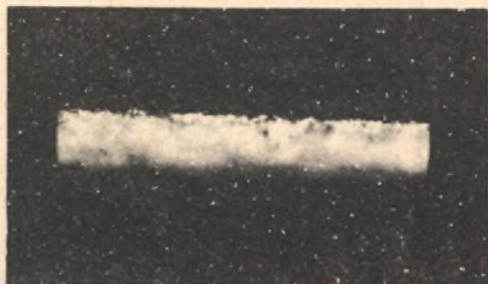
Badano także wpływ wstępnego przygotowania powierzchni taśmy stalowej na własności mechaniczne. Rozciągano na poziomej maszynie firmy Amsler próbki z taśmy surowej, trawionej, oczyszczonej mechanicznie i fosforanowanej. Zaobserwowano jedynie zmiany sił rozciągających w próbkach oczyszczonych mechanicznie szcztotką drucianą (tabl. 3). Na uwagę zasługuje zjawisko, które

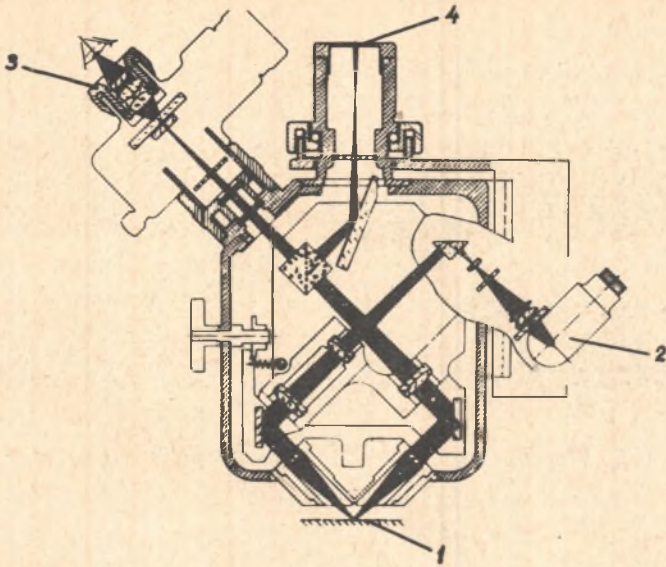
Tablica 2

Profile powierzchni taśmy stalowej widziane
w gładkościomierzu optycznym Schmaltza

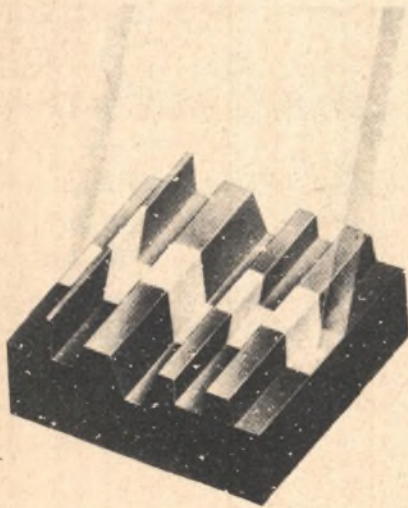


Próbka 1. Taśma surowa

Próbka 2. Taśma trawiona
w 25% HClPróbka 3. Taśma oczyszczona me-
chanicznie szczotką drucianąPróbka 4. Taśma fosforanowana
po trawieniuPróbka 5. Taśma fosforanowana
po oczyszczeniu mechanicznym



Rys. 8. Zasada działania gładkościomierza Schmalza
 1 - badana powierzchnia, 2 - źródło światła, 3 - okular, 4 -
 miejsce ustawienia kliszy fotograficznej



Rys. 9. Zasada działania gładkościomierza Schmalza w oparciu o tzw. "przekroje świetlne"



Rys. 10. Zasada działania gładkościomierza Schmalza - schemat profilu badanej powierzchni

Tablica 3

Siły rozciągania próbek blachy 0,2 mm i szerokości 10 mm

Nr próbki	Układ włókien i naciąg	Siła rozciągająca kg/cm (szer. próbki)	Średnia siła rozciągająca kg/cm (szer. próbki)	Nr próbki	Układ włókien i naciąg	Siła rozciągająca kg/cm (szer. próbki)	Średnia siła rozciągająca kg/cm (szer. próbki)
254	+	80		263	+	81	
255	+	77,5		264	+	79	
256	+	77	78,2	265	+	80	80
257	-	75		266	=	71	
258	-	80		267	=	71	
259	-	81	78,7	268	=	76	72,7
260	≠	79		269	≠	76	
261	≠	78		270	≠	78	
262	≠	77	78	271	≠	79	77,67

Oznaczenia:

- włókna równoległe do kierunku walcowania (blacha surowa)
- + " poprzeczne " " " " "
- = " równoległe, nacięcia szozotką drucianą równoległe
- ⊕ " " " " poprzeczne
- ≠ " poprzeczne, " " " "
- ⊖ " " " " równoległe

wystąpiło przy rozciąganiu próbek o równoległym układzie włókien w stosunku do kierunku działania siły rozciągającej, ale z nacięciami pochodzącymi od szczotki, prostopadłymi do tego kierunku. Siła rozciągająca, w tym przypadku, była największa: większa nawet niż przy rozciąganiu surowej taśmy z takim samym kierunkiem włókien. Uzasadnić to zjawisko można zmianą układu naprężeń - zamiast jednoosiowego stanu, występuje trójosiowy stan naprężeń, analogiczny do przemian zachodzących w szybciej rozciąganych próbek cylindrycznych. W rozpatrywanym przypadku mamy do czynienia z wieloma szybkami, a raczej karbami, zmieniającymi układ naprężeń.



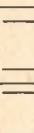




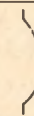

Ad. 2. Przeprowadzone badania miały na celu także ustalenie zdolności laminatu do tłoczenia, tzn. stwierdzenie stopnia przyroczepności i plastyczności kleju w procesie tłoczenia. Klej wiążący doskonale tworzywo sztuczne z metalem, może okazać się bezwartościowy w procesie dwuosiowego rozciągania, jeżeli nie będzie dostatecznie plastyczny. W celu wstępnego określenia przydatności kleju do odkształcenia plastycznego, można próbkę laminatu zgiąć o 180° , następnie ją wyprostować i odrywać powłokę. Z wykresu odrywania można wnioskować o plastyczności kleju. Przy kleju dostatecznie plastycznym krzywa odrywania nie wykaże załamania w miejscu uprzedniego przegięcia.

W celu ustalenia właściwego sposobu badania tłoczności laminatu zebrano z dostępnej literatury światowej różne metody badania tłoczności blach metalowych. Metody te zestawiono w tablicy 4. Opierając się o badania obce, zwłaszcza Swifta, Lileta i Wybo, Fukui, Engelhardta-Grossa, poznańskiego CLOP i innych wysnuto wnioski, że szeroko w kraju stosowana metoda Erichsena może być zawodna. Do badania laminatu proponuje się stosować metodę miseozkowego tłoczenia na aparacie TZP wg Engelhardta-Grossa. Zasadę działania aparatu TZP przedstawia rys. 11.

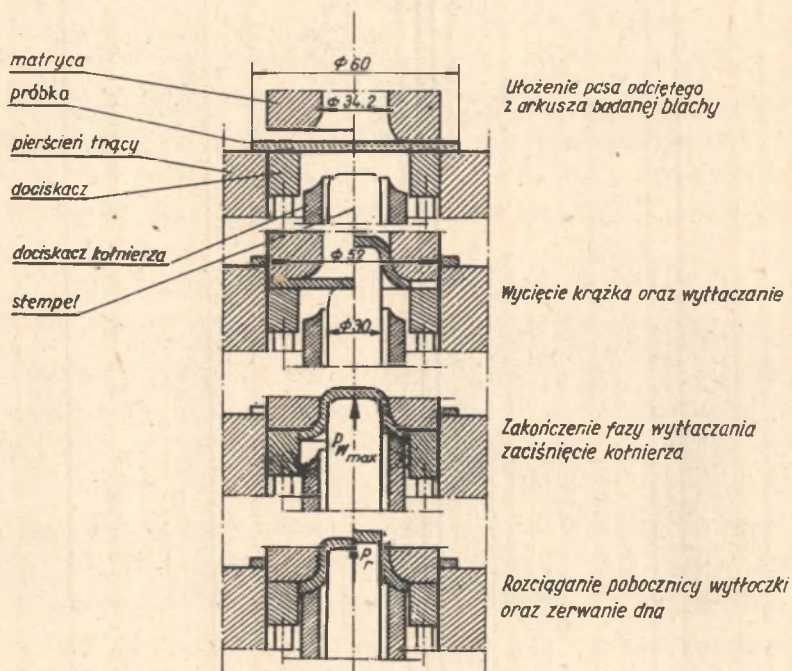
Przeprowadzone badania tłoczności metodą Erichsena i na aparacie TZP wykazały, że powłoka fosforanowa niepowleczone smarem, pogarsza warunki tłoczenia. Powłoka ta ma większy współczynnik tarcia niż blacha surowa, co powoduje mocniejsze

Tablica 4

Sestawienie warunków metod badania twardości blach

Metoda badania twardości	Kribsen Olsen Patois	Parnak	S w i f t	Fukui	ARE	C H R M	CLOP	Próby hydru- liczne: Ubuje testa- ny urusaa- ni, toruno- Tomijno	Scheidt-Kopfenberg Engelhardt - Gross	Scobs- -Fayssler Guyot
Wetpna prób- ka:	Krętek, odciasek tęży; min. 30, max.: 13, 30, 30 mm	Krętek Ø 30; 100 mm	Krętek (Ø równy)	Krętek	Krętek	Krętek	Krętek	Krętek Ø 200	Twarda b _{min} 60 mm	Klin
Zakres grubo- ści: mm	0,2-2,0; 0,5-2,0 Olsen								do 2,0 mm	
Kształt wy- twarości:										Klin
Kształt osia stępienia:	Półkuliasty	Półkuli- asty	Elipso- oidalny	Półkuli- asty	Płaski	Płaski Półku- listy	Płaski	Półkuliasty Ø 100	Płaski	
Srednia temp- ta mm:	3; 6; 17; 20-0,03 22,22 (Olsen)	20	32	20,6	50	80	40	-	30	
Wakniak twardo- ści:	Olszokod wgniecenia	Olszokod wgniecenia	Graniczny wgniecenia	Krytyczna średnica	Gran. wsp. ciąg- nienia	Graniczny wsp. ciąg- nienia	Gran. wsp. ciąg- nienia	Ciągnięcia osi i gę- bokod wy- twar- cia.	Średnia naj- wyższa i wy- twar- cia i rozryw- nia denka	
Reprezentacyjny proces:	Olszokod	Olszokod	Olszokod	Mieszany (naj- wyż- sza)	Wy- twar- cia	Wy- twar- cia	Wy- twar- cia	Demontowe rozciąganie	Wy- twar- cia i ciąg- nienia	

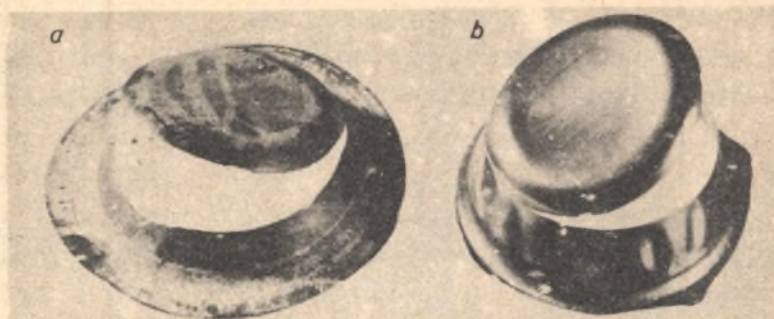
hamowanie materiału w płaszczyznach styku próbki z pierścieniami przyciskacza. Dopiero zastosowanie smaru poprawia tłoczność blachy pokrytej fosforanami. Wgłębienia w powłoce stanc-



Rys. 11. Kolejne fazy próby tłoczności wg Engelhardta-Grossa

wią wówczas liczne "magazynki - kieszonki" smaru. Tkwiący w zagłębieniach smar zapewnia większą ciągłość filmu smarowniczego, zmniejszając równocześnie współczynnik tarcia między próbka a narzędziem. Wpływ suchych fosforanów na miseczkowanie blach przedstawiono na rys. 12. Próbka fosforanowana, bardziej hamowana przyoiskaczem, posiada większy kołnierz. Próbka z surowej taśmy łatwiej wypływała spod przyoiskacza.

Tłoczając próbki fosforanowane zaobserwowano bardzo wyraźne linie płynięcia metalu (rys. 13 i 14). Identyczny obraz linii płynięcia na obydwóch powierzchniach tej samej próbki dowodzi, że materiał płynął bardzo równomiernie w całym przekroju. Zjawisko to może być wykorzystane w badaniach z dziedziny teorii plastyczności.



Rys. 12. Wpływ powłoki fosforanowej na tłoczność badaną w aparacie TZP

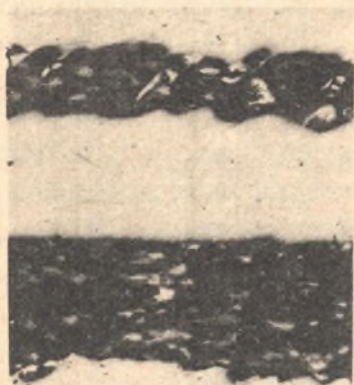
a - próbka fosforanowana, b - próbka w stanie surowym



Rys. 13. Linie płynięcia - strona wklęsła



Rys. 14. Linie płynięcia - strona wypukła



Rys. 15. Miejsce sklejenia powłoki z metalem. Laminat obłożony płytkami stalowymi



Rys. 16. Miejsce sklejenia powłoki z metalem. Laminat zatopiony w żywicy epoksydowej

a - metal, b - folia PCW z klejem, c - żywica epoksydowa

W badaniach tłoczności gotowego laminatu tłoczono taśmę stalową pokrytą foliami PCW o grubościach od 0,05 do 1,0 mm i zawartością 20% i 30% zmiękczacza. Stwierdzono, że folia ze zmiękzonego PCW poprawia tłoczność, jeżeli oddziela odkształcany metal od stempla. Pełni rolę smaru. Folia o zawartości 30% zmiękczacza zachowuje się bardziej równomiernie; jest bardziej plastyczna, przy czym tłoczność poprawia się proporcjonalnie do wzrostu grubości folii. W miarę jednak wzrostu grubości folii powiększają się fałdy powstające na taśmie stalowej w miejscach jej styku z pierścieniami dociskacza. Zjawisko to można uzasadnić dużą stosunkowo plastycznością i małą twardością 30% folii PCW, co przy rosnącej jej grubości umożliwia wciskanie się w folię odkształcanego metalu.

Podczas badania tłoczności wg Erichsena blachy z folią o zawartości 30% zmiękczacza i grubości 0,05 i 1,0 mm wystąpiło prostoliniowe pęknięcie w poprzek osasy. Pęknięcie to przebiegało przez jej wierzchołek, równoległe do kierunku walcowania taśmy. Pozostałe próbki miały naderwania o kształcie kołystym, przebiegające poniżej wierzchołków osasy. Świadczy to o równomiernym rozkładzie i zmniejszeniu sił tarcia w przypadku stosowania tego typu folii. Wyraźniej dzięki temu występuje tu wpływ wtórnej anizotropii metalu.

W próbie tłoczności Engelhardta-Grossa folia igielitowa poprawia także tłoczność blach. Zbyt gruba folia powoduje jednak ucieczkę materiału spod przyściska i związane z tym fałdowanie poboczniocy miseczki.

Folia zawierająca poniżej 10% zmiękczacza, ze względu na dużą kruchość, pękała w czasie prób odrywania i tłoczenia.

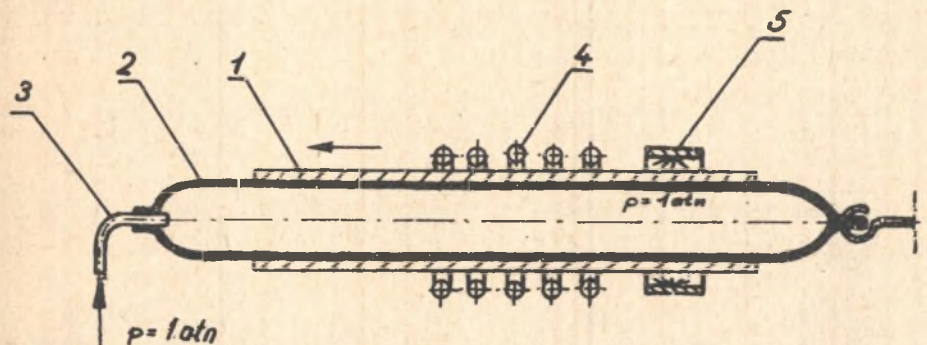
Porównując obie metody badań tłoczności stwierdzono, że w wielu próbkach o słabej przyczepności powłoki do podłoża, w próbie Erichsena nie występowało zniszczenie więzi folii z taśmą, natomiast w próbie Engelhardta-Grossa folia oddzielała się od metalu, zwłaszcza na poboczniocy miseczki. Ta druga próba jest zatem "ostrzejsza" w stosunku do pierwszej i ona też powinna być miarodajna w badaniach tłoczności laminatów.

Wspomniano już o ujemnym wpływie suchej powłoki fosforanowej na tłoczność taśmy stalowej. W czasie badań tłoczności laminatu stwierdzono również ujemny wpływ powłoki fosforanowej na jakość wytłoczki. Powłoka ta, w miejscach płynięcia metalu traci swą spoistość, przybiera konsystencję proszku, który oddzielając klej z folią od podłoża metalowego, powoduje utratę więzi między obydwoma materiałami.

W ostatnim etapie badań obserwowano w mikroskopie metalograficznym firmy Reichert (typ MeF) miejsca sklejenia tworzywa sztucznego z metalem. W tym celu początkowo okładano próbki laminatu dwumilimetrowymi płytkami stalowymi, skręcano dwoma śrubami i wykonywano zgląd pod kątem 45° . Jednak szczeliny między laminatem a okładkami były przyczyną wrywania metalu, fosforanów i tworzywa w czasie wykonywania zglądu, a obraz mikroskopowy był niejasny (rys. 15). Zastosowano zatem wtapienie pod kątem 45° laminatu w żywicę epoksydową (Epidian 4 z utwardzaczem Z 1). Obraz zglądu jest wówczas bardzo wyraźny – jak to widać na rys. 16. Dostrzec można mechanizm łączenia się tworzywa z metalem; do wgłębień w metalu przeniknął klej (adhezja mechaniczna), który równocześnie związał się z tworzywem (adhezja właściwa). Klej ten musi oczywiście posiadać także odpowiednie własności kohezyjne.

Wyniki tej pracy mogą mieć nie tylko znaczenie przy projektowaniu i eksploatacji urządzeń ciągłych do wytwarzania taśm metalowych pokrytych tworzywami sztucznymi, ale także przy wyklejaniu folią wewnętrznych powierzchni zbiorników i rur metalowych. Proces przygotowania powierzchni zbiornika lub rury będzie podobny do opisanego na wstępie procesu przygotowania taśmy. Podobne będą także warunki obróbki cieplnej kleju. Zamiast nacisku pochodzącego od walców, stosować można docisk sprężonym powietrzem. Na rysunku 17 przedstawiono sposób pokrywania folią PCW wewnętrznej powierzchni rury metalowej. Wewnętrzną powierzchnię oczyszczonej rury pokrywa się klejem: Po odparowaniu rozpuszczalnika do wnętrza rury wprowadza się zgrzaną w kształt zaślepionego rękawa folię PCW. Do wnętrza rękawa

doprowadza się sprężone powietrze. Następnie rura wraz z folią przesuwają się przez pierścien grzejnika i chłodnicę wodną. Wystające końce rękawa można obciążyć i ewentualnie wywinąć na kołnierze.



Rys. 17. Schemat urządzenia do pokrywania wewnętrznej powierzchni rury metalowej folią PCW. 1 - rura, 2 - folia, 3 - doprowadzenie sprężonego powietrza, 4 - grzejnik el. 5 - chłodzenie wodne

6. Uwagi końcowe

Omówione zagadnienia nie wyczerpują oczywiście wszystkich problemów związanych z ciągłymi metodami pokrywania taśm metalowych tworzywami sztucznymi. Dalsze badania powinny dążyć do skrócenia poszczególnych operacji, ustalenia warunków wytwarzania powłok z past i proszków, z chwilą gdy przemysł chemiczny rozpocznie produkować potrzebnych do tego oelów materiałowych, do opracowania krajowych klejów oraz do zastosowania na powłoki innych tworzyw np. polietylenu, polipropylenu, poliamidu lub nawet poliocterofluoroetyleny (teflonu). Rozwijając problem, należałoby zbadać wpływ zmiękczaczy, pigmentów ew. innych dodatków na jakość tego nowego, obiecującego materiału.

LITERATURA^{x)}

- [1] Jenkins W.N.: Applications of plastic-coated steel sheet and strip. Conference of the Institute of Sheet Metal Engineering. London, 1959.
- [2] Jenkins W.N.: Protective coatings for steel. Metal Ind. T. 101. Nr 12. 1962, s. 34-37.
- [3] Carlisle S.S., Bullough W.: Plastic-coated steel: a promising new sheet material. Iron and Steel Institute special report. 1960, także: Iron and Steel. T. 33. Nr 6. 1960, s. 248.
- [4] Bullough W., Canning T.A.: "Plasteel" - a description of the BISRA plant and process for producing P.V.C. coated steel strip. Sheet Metal Ind. Nr 34. 1957, s. 431-433.
- [5] Bullough W.: Plasteel: plastic coated steel strip. Heurtey, Bulletin d'Informations. Część 2. T. 2. Nr 27. 1964 s. 21-25.
- [6] Groehler H.: Kunststoffplattierte Bleche. Blech. T. 8. Nr 4. 1961, s. 258-266.
- [7] "Platal" - Kunststoffbeschichtete Bänder und Bleche. Metalloberfläche. Nr 1. 1961, s. 27.
- [8] Hettich W.: Herstellung, Eigenschaften und Verwendung von kunststoffbeschichteten Stahlblech. Blech. T. 11. Nr 4. 1964, s. 164-173.
- [9] Timms R.G.: Vinyl-metal laminates materials and methods of fabrication. Sheet Metal Ind. T. 41. Nr 445. 1964, s. 351-378.
- [10] Pastorini M.: I copolimeri vinylite della union carbide nel prerivestimento dell'alluminio ed acciaio. Pitture e vernici. T. 39. Nr 3. 1963, s. 83-92.
- [11] Platal plastic-coated steel. Corros. Technol. T. 11. Nr 7. 1964, s. 19-21, 14.
- [12] Korolew A.A.: Proizvodstvo listov i polos, pokrytych plastikami. Stal. Nr 11. 1961, s. 1016-1019.

^{x)} Praca doktorska, zawierająca 224 pozycje piśmiennicze znajduje się w Bibliotece Pol. Śl. w Gliwicach.

- [13] Wiesner F., Zazulova M.: Zkušební výroba ocelového pásu plátovaného plastickou hmotou v Kralodvorských Železárnách Hutník. T. 13. Nr 5. 1963, s. 225-230.
- [14] Bogomazov A.G., Mirkina R.J.: Organizacija proizvodstva stalnoj pokosy s poliohlorovinilovym pokrytiem. Metallurg. Nr 1. 1964, s. 36.
- [15] Reimann M., Sieckmann W., Schabio F.: Herstellung, Eigenschaften und Prufung von mit Kunststoff beschichtetem Stahlband. Stahl u. Eisen. T. 83. Nr 6. 1963, s. 317-327.
- [16] Strip coating on the West Coast. Metal Finish. T. 62. Nr 3. 1964, s. 54-55, 60.
- [17] One million Sq Ft of strip coated doily on continuous line at Litho-Strip Corp. Industr. Heat. T. 28. Nr 10. 1961 s. 1995-1996, 1998, 2000, 2002, 2018.
- [18] Coil coating at Inland steel products. Metal Prod. Manufact. T. 21. Nr 3. 1964. s. 32-33, 35.
- [19] High-speed roller coating equipment. Light Metals. T. 25. Nr 293. 1962, s. 263.
- [20] Pezarro S.: Plastica T. 13. 1960. Nr 6, s. 453-461, Nr 7, s. 514-517. Nr 9, s. 692-701. Nr 10, s. 925-929 (tłumaczenie z holenderskiego).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ И СВОЙСТВ
СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ ПОКРЫТЫХ ПЛАСТМАССАМИ

Резюме

В статье, являющейся сокращением докторской диссертации автора, описаны методы получения и свойства ламинатов т.е. стальных лент покрытых слоем пластмасс.

Описываются методы исследований этих ламинатов и даются собственные исследования по способу получения и свойствам стальной ленты покрытой мягкой поливинилхлоридовой фольгой.

При помощи разрывной машины и устройства Шмальца для замера чистоты поверхности определялись: влияние качества поверхности стальной ленты на сцепляемость фольги и металла, влияние толщины и степени размятия фольги, а также влияние времени и температуры гелеобразования клея на адгезионную способность пластмассы по отношению к стальной ленте. Было установлено что наилучшую связь можно получить при механической очистке стальной ленты; фосфатная плёнка оказывает деструктивное воздействие в процессе тиснения (прессовки) ламината. Однако этот слой защищает открытую поверхность ленты от коррозии. Фосфатный покров в процессе тиснения проявляет линии течения металла. Это свойство можно использовать при исследованиях теории пластичности.

INVESTIGATION OF WINNING METHODS AND PROPERTIES OF STEEL SHEETS COVERED WITH PLASTICS

S u m m a r y

In the paper, which is a synopsis of the author's doctorate thesis, the methods of winning and properties of laminates, i.e. steel tapes covered with plastics, have been discussed.

The methods of examination of these laminates have been given and there were presented the author's own research work results, dealing with the ways of winning and properties of steel tapes covered with polyvinyl chloride foil.

By means of a tensile testing machine and Schmalz's surface analyser the influence of steel tape surface quality on the foil adherence to the metal, as well as the influence of thickness and degree of foil softening time and temperature of the glue gelation on the plastics adhesion to the steel tape, have been investigated.

It was found that the best bond had been obtained by the mechanical cleaning of the steel tape. The phosphate works coating in a destructive way in the process of the laminate pressing.

This coating protects, however, the uncovered tape surface against corrosion. It makes the lines of metal flowing visible in the process of pressing. This phenomenon can be used in the investigations on the plasticity theory.