

Waldemar ŚCIUK

Józef RABUS

BADANIE PRZYCZYN POWSTAWANIA PEKNIĘC WYTŁOCZEK W WARUNKACH
TŁOCZNI PRZEMYSŁOWEJ

Streszczenie. Podano wyniki badań przyczyn powstawania pęknięć wytłoczek. Ustalono kryteria doboru przedstawicieli wytłoczek do badań. Przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych i obserwacji pracy tłoczni. W podsumowaniu sprecyzowano wnioski wynikające z przeprowadzonych badań, określające prawdopodobne przyczyny powstawania pęknięć wytłoczek.

WSTĘP

Program produkcyjny tłoczni dla samochodu Fiat 126p przewiduje wykonanie około 600 typów wytłoczek różnych wymiarów. Przy produkcji 200.000 samochodów rocznie bardzo ważnym staje się problem wybraków, a zwłaszcza pęknięć wytłoczek, które są zazwyczaj brakami nie do naprawienia. Ze względu na wysoką cenę blachy karoseryjnej, z jakiej wykonuje się elementy nadwozia, zmniejszenie ilości wybraków ma istotne znaczenie dla efektywności produkcji i optymalnego wykorzystania materiału.

W celu ustalenia przyczyn pęknięcia wytłoczek w warunkach tłoczni przemysłowej przeprowadzono odpowiednie badania porównawcze dotyczące przydatności blach do tłoczenia produkcji krajowej i blach importowanych. Przeprowadzone badania miały na celu:

- a) określenie różnic własności technologicznych istotnych dla procesu tłoczenia,
- b) dobranie dla poszczególnych gatunków blach takich prób technologicznych w zależności od wytłoczki, która pozwalałaby na szybką i efektywną ocenę własności materiału pod kątem zastosowania go na określonej wytłoczce.
- c) wytyczenie kierunków badań nad zmianami samego procesu technologicznego, zmierzającymi do optymalnego wykorzystania własności materiału.

1. KRYTERIA DOBORU GATUNKÓW BLACHY GŁĘBOKOTŁOCZNEJ DO BADAŃ

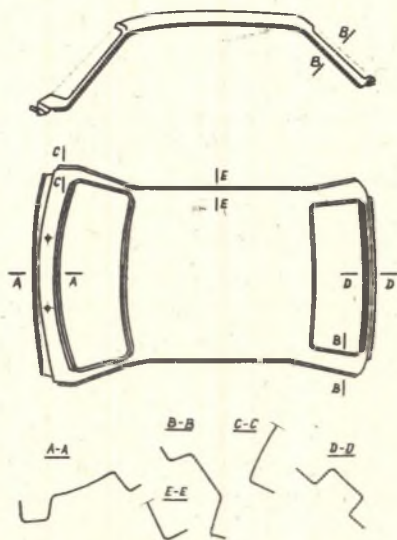
Z około 600 produkowanych wytłoczek po przeanalizowaniu danych dotyczących ilości wybraków oraz po zapoznaniu się z dotychczas realizowanymi procesami technologicznymi ustalono następujące kryteria doboru przedstawicieli wytłoczek do badań:

- zużycie materiału,
- "ważność wytłoczki" (miejsce wytłoczki w samochodzie),
- procent wybraków.

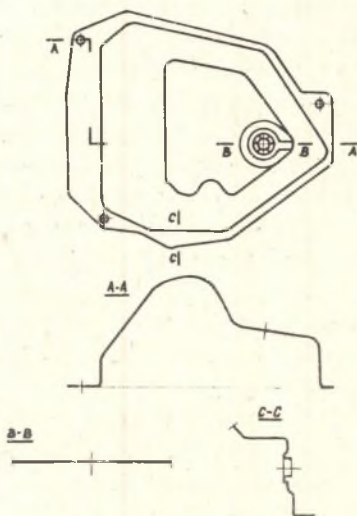
Taka kolejność ma swoje uzasadnienie, ponieważ w wypadku małych wytłoczek nawet stosunkowo duży procent wybraków nie powoduje jeszcze dużych strat materiału w porównaniu z wytłoczkami dużymi poszycia zewnętrznego.

Koszt blachy karoseryjnej jest niewspółmiernie większy od kosztu blachy ze zwykłych gatunków stali używanych na wytłoczki małe. Analizę statystyczną wybraków przeprowadzono w oparciu o dane uzyskane z Działu Kontroli Jakości Tłoczni.

Przy doborze wytłoczek skoncentrowano się na największych wytłoczkach poszycia zewnętrznego oraz na wytłoczkach zbiornika paliwa i miski olejowej.



Rys. 1. Wytłoczka "blacha dachu"



Rys. 2. Wytłoczka "korpus górny zbiornika paliwa"

Wytłoczki poszycia zewnętrznego wykonywane są z blachy karoseryjnej w gatunku IaSSB-0,8 - WD, wytłoczki zbiornika paliwa - z blachy jednostronnie ocynkowanej (import RFN i Włochy), odpowiadającej gatunkowo blasze

Tablica 1

Charakterystyka wytypowanych przedstawicieli wytłózek

Lp.	Nazwa wytłózki	Produkcja roczna wytłózki w szt.	Ilość braków nie do naprawienia w szt.	Udział procentowy braków w prod. całkowitej	Postać materiału, gatunek	Masa wytłózki w kg	Straty roczne w t.
1	Miska olejowa	300 187	11062	4%	taśma MR St4	1,575	17,42
2	Korpus górny zbiornika paliwa	214 892	12362	5,8%	blacha ocynkowana Ia SSB-1,2-WD	3,39	41,91
3	Korpus dolny zbiornika paliwa	225 345	9599	4,3%	blacha ocynkowana Ia SSB-1,2-WD	3,15	31,2
4	Blacha dachu	192 724	10310	5,3%	blacha Ia SSB-0,8-WD	27,35	281,98
5	Poszycie pokrywy komory silnikowej	214 916	9347	4,3%	blacha Ia SSB-0,8-WD	7,2	67,3
6	Poszycie pokrywy komory bagażnika	225 673	13746	6,1%	blacha Ia SSB-0,7-WD	11,8	162,17

IaSSB-1,2-WD, natomiast wytłoczki miski olejowej wykonane są z taśmy o symbolu MRSt4.

Przyjęte do dalszych badań wytłoczki zestawiono w tablicy 1. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono szkicę poglądowe wybranych wytłoczek.

2. PRAWDOPODOBNE PRZYCZYNY WYSTĘPOWANIA DUŻEGO PROCENTU WYBRAKÓW

Kwalifikacje załogi

Większość załogi obsługi pras stanowią ludzie młodzi. Przeszkolenie szeregowych pracowników tłoczni sprowadza się jedynie do zapoznania ich z przepisami BHP i elementarnymi wiadomościami z dziedziny obsługi pras. Wynikiem tego jest fakt nadmiernego zużycia pras i występowanie zbyt dużych luzów bocznych na prowadnicach, których nie są w stanie skompensować prowadnice tłoczniaka. Badana tłocznia wykazuje ponadto nadmierną fluktuację kadry, co również nie sprzyja nabywaniu odpowiedniego doświadczenia, wynikającego z długoletniego stażu pracy.

Narzędzia

Z powodu nieodpowiednich narzędzi wady wytłoczek mogą powodować m.in. następujące czynniki: niedoszlifowana powierzchnia tłoczniaka (zbyt duże tarcie), źle dobrane progi ciąagowe, zmiana własności plastycznych materiału w obrębie jednego gatunku, nadmierne zużycie pras, obniżone ciśnienie na dociskaczach oraz zaburzenia w smarowaniu tłoczniaków.

Transport i magazynowanie

W czasie transportu blacha może ulec uszkodzeniu, które czasami dyskwalifikuje ją jako blachę karoseryjną. W przypadku niedostatecznego zabezpieczenia podczas magazynowania mogą pojawić się ślady korozji. Blachy karoseryjne tracą swoje własności plastyczne w miarę upływu czasu. Z tego powodu długie magazynowanie tych blach (ponad 4 miesiące) nie jest wskazane. W celu osiągnięcia jak najlepszych efektów ekonomicznych i pełnego wykorzystania własności plastycznych materiału należy zapewnić rytmiczność dostaw i zużycia blach. W przypadku zbyt długiego magazynowania blachę należy walcować przeciwstarzeniowo, ale zwiększa to z kolei stosunek Re/Rm .

Proces technologiczny

Obserwacja procesu technologicznego wytwarzanych wytłoczek pozwoliła na wykrycie pewnych nieprawidłowości, do których należą m.in.: niedostateczne smarowanie miejsc, w których występuje szczególnie duże tarcie w procesie tłoczenia, dodatkowe wygładzanie blachy bez uprzedniego sprawdzenia czy wykazuje ona wyraźną granicę plastyczności - walcowanie takie podwyższa stosunek Re/Rm , co może powodować pęknięcie blachy, stosowanie na

wytłoczki z wykrawanymi wstępnie otworami blachy o wysokim stosunku R_e/R_m - wzmocnienie w miejscu wykrawania na tyle obniża plastyczność, że następuje pęknięcie, niejednoznaczność baz technologicznych tłoczników - co powoduje możliwość niedokładnego ustawienia wytłoczki.

Materiał

Do najważniejszych wad materiału, które wpływają na jakość wytłoczek, należą: wady powierzchni, wady ukryte wewnętrzne, niezgodność własności mechanicznych z normą, mała odporność na starzenie, niedostateczne właściwości plastyczne blach.

3. WYTYPOWANIE METODY BADAŃ BLACH GŁĘBOKOTŁOCZNYCH

Analizując prawdopodobne przyczyny występowania wybraków można je pogrupować wg następującego podziału:

- przyczyny zależne bezpośrednio od warunków panujących w tłoczni - niestaranność pracowników, wady jawne materiałów, niewłaściwie przygotowane narzędzia, zła organizacja pracy,
- przyczyny wykrywalne tylko za pomocą odpowiednich badań laboratoryjnych - plastyczne i mechaniczne właściwości blach i ich mikrostruktura.

Badaniami własnymi postanowiono objąć drugą grupę przyczyn. Jedynym kryterium w dziedzinie określenia przydatności i własności blach do tłoczenia jest norma PN-71/H-92143 [5]. Norma ta określa jednak tylko podstawowe właściwości mechaniczne (R_m , R_e , $A_{50\%}$, twardość, tłoczność, próba zginania na zimno) oraz mikrostrukturę. Blachy produkcji krajowej przysyłane do badanej tłoczni spełniają wymagania stawiane przez normę, a jednak powodują wysoki procent wybraków. Wynika z tego, że albo wymagania stawiane przez normę są niedostateczne, albo istnieją inne kryteria oceny przydatności blachy do tłoczenia nie ujęte w normie. W pierwszym etapie rozwiązywania problemu postanowiono ustalić właściwości blach importowanych i blach krajowych przy założeniu, że właściwości blach importowanych są zbliżone do optymalnych. Blachy importowane także różnią się właściwościami w zależności od producenta i przeznaczenia blach. Dostawcą blach krajowych jest Huta im. Lenina. Badania własne obejmowały następujące próby:

- próbę jednoosiowego rozciągania - z próby tej określono: R_e , R_m , R_e/R_m , $A_{50\%}$, próbę tłoczności wg Erichsena, próbę tłoczności mieszki ϕ 65 dla blach cienkich, tj. $g < 1$ mm oraz wyznaczone następujące współczynniki:
 - średnią wartość współczynnika anizotropii normalnej - \bar{r}
 - średnią wartość potęgowego współczynnika wzmocnienia - \bar{n}

- uśrednioną stałą ze wzoru na wzmocnienie - $C_{\text{śr}} = \frac{1}{\sum_{k=1}^l C_k}$,
gdzie l - ilość pomiarów

- średni współczynnik niejednorodności - $f = \frac{C_{\text{min}}}{C_{\text{śr}}}$.

Wykonano również zglądy próbek blach odpowiadających sobie gatunkiem, a różniących się własnościami mechanicznymi.

4. METODA PRZEPROWADZENIA BADAN LABORATORYJNYCH

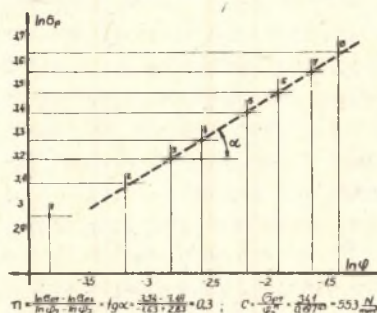
Do badań wybrano następujące gatunki blach:

A - 0,7 mm - gat. SSB	D - 1,2 mm - gat. SSB
B - 0,8 mm - gat. SSB	E - 1,2 mm - jednostronnie ocynk. prod. RFN
C - 0,88 mm - prod. holenderskiej	F - 1,2 mm - jednostronnie ocynk. prod. włoskiej

Próbę statycznego rozciągania przeprowadzono na próbkach płaskich zgodnie z PN [6] na maszynie GALDABINI. Dla każdego gatunku blachy wycinano po 3 próbki zgodnie i prostopadłe do kierunku włókien.

Próbę tłoczności wg Erichsena wykonano na urządzeniu firmy Roell + Korthaus. Do badań użyto próbek z blach o wymiarach 95 x 95 mm i smaru grafitowego. Czynnosc wtlaczania kulki i zatrzymania w wypadku pęknięcia maszyna wykonywała automatycznie. Próbę tłoczenia miseczki $\phi 65$ przeprowadzono na urządzeniu firmy Roell + Korthaus, specjalnie dostosowanym do potrzeb próby. Celem próby była kontrola tzw. tekstury zgniotu i ziarności dna miseczki dla blach 0,8 mm i 0,88. Próby te

przeprowadzono w celu analizy możliwości zastosowania wyników prób do oceny własności plastycznych blach. Współczynnik anizotropii r wyznaczono przy użyciu próbek bez głów zgodnych z PN [6]. Dla kierunku 0,45 i 90° wycięto po trzy próbki. Wyznaczenie współczynnika wzmocnienia n wykonano, wykorzystując próbę jednoosiowego rozciągania. Na podstawie wykresu zdjętego z maszyny sporządzono wykres przedstawiony na rys. 3, z którego bezpośrednio obliczono współczynnik n , stałą C i współczynnik f . Do zbadania mikrostruktur pobrano próbki blach o grubości 0,8 mm (B), 0,88 mm (C), 1,2 mm produkcji krajowej (D) i 1,2 mm pro-



Rys. 3. Przykład budowy wykresu $\ln \sigma_p - \ln \phi$ na podstawie wykresu jednoosiowego rozciągania próbki płaskiej, otrzymanego z maszyny. Przedstawiono przykład obliczenia współczynników n i C

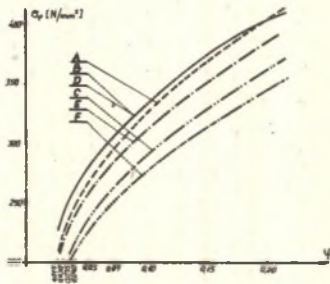
Tablica 2

Wyniki prób (wartości średnie) dla gatunków blachy A - F

Lp.	Blacha	Re	Rm	Re/Rm	A ₅₀	JE ₂₀	i	ñ	C	
		N/mm ²	N/mm ²	%	mm	N/mm ²			i	
1	A	201	333	0,61	41	11,03	1,64	0,315	669	0,993
2	B	219	338	0,65	41,65	11,07	1,477	0,273	625	0,994
3	C import	165	302	0,56	50,15	11,73	1,71	0,32	604	0,994
4	D	222	338	0,66	44,47	-	0,99	0,273	625	0,944
5	E import	206	325	0,64	46,2	11,83	1,48	0,3	622	0,996
6	F import	174	289	0,605	51,25	12,03	1,81	0,306	562	0,997

dukoji włoskiej w kierunku wzdłużnym i poprzecznym do kierunku włókien. Zgłady trawiono nitalem. Badania przeprowadzono przy powiększeniach 250x i 500x.

5. WYNIKI BADAŃ



Rys. 4. Początkowe odcinki krzywych wzmocnienia w zakresie odkształceń $\varphi = 0,025 + 0,2$ (oznaczenia krzywych jak w punkcie 4)

Wyniki badań przedstawiono w tabelicy 2, podając wartości średnie dla każdego gatunku blachy. Na rysunku 4 przedstawiono początkowe odcinki krzywych wzmocnienia dla każdego gatunku blachy. Wyniki próby misczkowania blach B i C potwierdziły dane otrzymane z obliczeń współczynników anizotropii normalnej r dla obu blach. Blacha produkcji holenderskiej (C) ma większy współczynnik anizotropii niż blacha produkcji krajowej (B). Obserwując dane misczek można było okiem nieuzbrojonym zauważyć różnice w ziarnistości - bardziej błyszczące dno misczki z blachy B i matowe, ohropowate dno misczki z blachy C. Świadczy to o różnicy w parametrach wytwarzania obu gatunków blach.

6. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ LABORATORYJNYCH I OBSERWACJI PRACY BADANEJ TŁOCZNI

Badania własności mechanicznych przeprowadzono na 130 próbkach wyciętych z badanych gatunków blach i taśmy, rejestrując na wykresie przebieg rozciągania każdej próbki. Badanie tłoczności IE20 przeprowadzono na trzech próbkach dla każdego gatunku blachy.

Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych można postawić tezę, że jedną z głównych przyczyn pękania wytłoczek jest jakość blachy użytej do tłoczenia. Przyczyną o mniejszym stopniu ważności jest prawidłowa regeneracja narzędzi. Najmniejszą rolę odgrywa kwalifikacja załogi.

Obserwacja narzędzi po regeneracji wykazała pewne niedociągnięcia. Do najczęstszych należą obszary niedoszlifowane o zbyt dużej ohropowatości. Obszary te powodują rysowanie i pęknięcie wytłoczek. Próby tłoczenia po regeneracji tłoczniaka przeprowadza się na blasze o określonych własnościach plastycznych. Najczęściej oprócz gatunku blachy znane są jej właściwości mechaniczne i własności technologiczne (twardość, tłoczność), które to dane są niewystarczające. W przypadku gdy tłoczniak zostaje uznany za dobry

i skierowany na stanowisko produkcyjne, a wypróbowano go na gorszej pod względem własności plastycznych blasze - procent wybraków będzie się utrzymywał w normie. Jeżeli natomiast tłocznik był wypróbowany na blasze o dobrych własnościach plastycznych, a w produkcji użyty zostanie pakiet blachy tego samego gatunku, lecz o gorszych własnościach plastycznych - procent wybraków może gwałtownie wzrosnąć.

To samo dotyczy stosowania progów ciągowych. Znajdą wozesniej własności plastyczne materiału, można dostosować kształt progów do własności blachy. Obecnie cały ten proces odbywa się na stanowisku produkcyjnym, co obniża wydajność i zakłóca organizację pracy. Większą uwagę należałoby zwrócić na poprawność baz technologicznych tłoczników w celu zapewnienia jednoznaczności układania wytłoczki w tłoczniku. Powinno to przyczynić się do obniżenia ilości wybraków zawinionych przez pracowników obsługujących dany tłocznik.

Rozpatrując problem tłoczenia skomplikowanej wytłoczki z zastosowaniem progów ciągowych można w takiej wytłoczce wyróżnić dwa obszary: a) kołnierz, który podlega procesowi czystego wytłoczenia, b) część denną, w której panuje stan dwuosiowego rozciągania. Blacha w takim wypadku powinna mieć sprzeczne własności: duże r dla kołnierza, małe dla dna. Uwidacznia się w tym względzie przewaga blach importowanych, które mają większy współczynnik anizotropii, czyli korzystniej jest używać je w procesach czystego wytłoczenia. Jednocześnie blachy te mają zdecydowanie większy stosunek R_e/R_m w granicach 0,13 dla blach 0,8 mm i wydłużenie (o 8%) przy niskiej granicy plastyczności, co daje w efekcie możliwość łatwego przejścia w stan plastyczny. Dodatkowe znaczenie ma fakt, że blachy importowane intensywniej się wzmacniają (większe n), przez co lepiej znoszą stan dwuosiowego rozciągania. Analizując konstrukcję badanych wytłoczek z blach cienkich można zauważyć, że ważniejsze jest, aby blacha dobrze znosiła stan dwuosiowego rozciągania. Taką blachę muszą cechować: duży współczynnik wzmocnienia n (ok. 0,3), niski stosunek R_e/R_m (ok. 0,55-0,61) oraz niska (max około 310 N/mm^2) granica wytrzymałości na rozciąganie (tabl. 2 poz. 3 i 6) przy wydłużeniu A_{50} - około 48%. Należy zatem znaleźć taką metodę badań, która pozwoliłaby określić te własności blachy. Wydaje się, że najprostszą i nieskomplikowaną metodą jest próba jednoosiowego rozciągania, z której otrzymuje się R_e , R_m , A_{50} . Następnie można wyznaczyć G_p oraz n . Dodając do wyników próby jednoosiowego rozciągania próbę tłoczności metodą Eriohsena otrzymuje się zestaw danych, które wydają się być odpowiednio dla prawidłowego określenia własności plastycznych blachy.

Badając w ten sposób kilka próbek blach z każdego pakietu otrzyma się rozkład własności plastycznych dla każdego pakietu. Można przy tym przyjąć z dużym prawdopodobieństwem, że własności plastyczne arkuszy blachy wewnątrz każdego pakietu nie różnią się znacznie od siebie. Tworzy się w ten sposób pewien obraz rozkładu własności plastycznych blach dla wszystkich pakietów danego gatunku przebywających w magazynie.

7. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań i obserwacji pracy badanej tłoczni można wyciągnąć następujące wnioski: głównymi przyczynami powodującymi pękanie wytłoczek są:

- 1 - różnice własności plastycznych blach używanych do tłoczenia,
- 2 - niedostosowanie narzędzi do jakości blach oraz nieprawidłowa regeneracja narzędzi,
- 3 - zbyt długie przetrzymywanie blach w magazynie, wady jawne materiału, niejednoznaczność baz technologicznych, niedostateczne smarowanie przygotówek, nadmierne zużycie pras,
- 4 - kontrolę tłoczników należy dokonać na blasze o gorszych własnościach od przeciętnych własności plastycznych,
- 5 - przy podjęciu produkcji na zregenerowanym tłoczniku należy zaczynać od pakietów blach o najgorszych własnościach plastycznych, aby wzrost własności plastycznych blachy przynajmniej w jakiejś części rekompensował zużycie tłoczniaka,
- 6 - dodatkowe wygładzanie blachy o słabych własnościach plastycznych, tj. R_e/R_m 0.61 jest niecelowe - obniża się przez to i tak małą już zdolność do odkształceń plastycznych (blachę taką należy użyć w pierwszej kolejności),
- 7 - przy tłoczeniu blach o niskich własnościach plastycznych należy odpowiednio dobierać progi ciąagowe, a także dodatkowo smarować miejsca, w których panuje szczególnie złożony stan naprężenia,
- 8 - uwzględniając wpływ anizotropii normalnej na utratę stateczności wytłoczki należy dążyć do tego, aby kierunek włókien w blasze pokrywał się z kierunkiem większego z dwu naprężeń głównych.
- 9 - ukierunkować badania tak, aby otrzymać blachę krajową o własnościach porównywalnych z najlepszymi blachami importowanymi.

LITERATURA

- [1] MARCINIAK Z.: Odkształcenia graniczne przy tłoczeniu blach. PWNT, Warszawa 1971.
- [2] MARCINIAK Z.: Mechanika procesów tłoczenia blach. PWNT, Warszawa 1961.
- [3] MORAWIECKI M., SĄDOK L., WOSIEK E.: Teoretyczne podstawy technologicznych procesów przeróbki plastycznej. "Śląsk", Katowice 1977.
- [4] SCIUK W.: Badania przyczyn powstawania pęknięć wytłoczek w warunkach tłoczni FSM, Zakład nr 2 w Tychach. Praca dyplomowa (maszynopis). Biblioteka IBM Pol. Śląskiej. Gliwice 1979.
- [5] Polska norma - PN-71/H-92143 - "Blacha stalowa karoseryjna".
- [6] Polska norma - PN-71/H-04310 - "Próba statyczna rozciągania metali".

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ТРЕЩИН ШТАМПОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ
В УСЛОВИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШТАМПОВОЧНОГО ЦЕХА

Р е з ю м е

Представлены результаты исследований причин возникновения трещин в штампованных деталях. Были определены критерии подбора представителей штампованных деталей для исследований. Представлены результаты лабораторных исследований и наблюдения за работой прессов. В заключении были сделаны выводы, вытекающие из проведенных исследований, определяющие вероятные причины возникновения трещин в штампованных деталях.

THE INVESTIGATION OF DIE STAMPING CRACKS CAUSES IN THE INDUSTRIAL
STAMPING PLANT CONDITIONS

S u m m a r y

The results of the investigations of die stamping causes are given. The results of laboratory tests and stamping plant work observations are presented.

In the summary are given the conclusions from the results of the investigations stating the most probable causes of the die stamping cracks.