

Inż. TADEUSZ WŁODEK

Mechaniczna Stacja Doświadczalna P. L.

Badania nad doborem kształtu małych próbek na udarność *)**).

Do najczęściej stosowanych i znanych obecnie normalnych próbek na udarność możnaby zaliczyć m. i. następujące próbki: Mesnager, niemiecka normalna wg. D. V. M. i Izoda. Zestawienie wymiarów tych próbek podaje Tabl. 2, ryc. 1 i ryc. 2. W Polsce najszersze zastosowanie znalazły próbki typu Mesnager i Izoda.

Jakkolwiek powyższe próbki posiadają stosunkowo małe wymiary w porównaniu z próbkami dawniej stosowanymi, jak na przykład duża próbka Charpy o wym. $30 \times 30 \times 160$ mm, nie mogą być jednak wykonane z całego szeregu małych elementów konstrukcyjnych, dla których ze względu na rodzaj pracy badanie próbek na udarność byłoby wskazane. Przy badaniach niektórych elementów mamy możliwość pobrania normalnej próbki w jednym kierunku, natomiast nie istnieje możliwość pobrania próbki w kierunku poprzecznym, ze względu na niedostateczne wymiary tegoż elementu.

Zastosowanie małej próbki na udarność dla celów praktycznych jest duże i bardzo różnorodne. W pierwszym rzędzie, jak już poprzednio wspomniano, małe próbki na udarność mogą służyć do badania elementów, dla których dotychczas ze względu na niedostateczne wymiary nie można było stosować tej próby. Obecnie z konieczności musimy ograniczyć się do badania rygli, z których powyższe elementy będą wykonywane. Badając rygle przed wykonaniem z nich małych części kutek możemy uzyskać wyniki lepsze lub gorsze w porównaniu z wynikami uzyskanymi z gotowych części. Przekucie może wpłynąć bowiem na polepszenie lub pogorszenie ostatecznych własności mechanicznych gotowego wyrobu. Zastosowanie zaś małej próbki na udarność pozwala na bezpośrednie zbadanie materiału, co jest najwłaściwsze.

Przy badaniach wielkich elementów, gdzie normalne próbki na udarność mogą być bez trudności wykonane, zachodzi niekiedy potrzeba zastosowania małej próbki. Może to mieć miejsce przy sprawdzaniu jednorodności materiału, ponieważ ilość małych próbek np. 3×3 mm, wzór W3 będzie trzykrotnie większa od pobranych próbek normalnych typu Mesnager. Pobranie odpo-

wiedniej ilości próbek przy tego rodzaju badaniach jest bardzo wskazane, ponieważ umożliwia oznaczenie wartości udarności dla większej ilości punktów badanego przekroju. Podobnie też przy badaniach przebiegu włókien części kutych do silników lotniczych, płatowców, lub ważniejszych części samochodowych i t. p., zachodzi również konieczność stwierdzenia własności mechanicznych materiału w kierunkach zależnych od lokalnego układu włókien. Stosowanie normalnych próbek na udarność jest w wielu wypadkach utrudnione lub wprost niemożliwe, tak ze względu na małe wymiary elementu, jak i z tych powodów, że przez pobranie próbki normalnej otrzymamy wynik udarności przeciętny dla dość znacznego przekroju tej próbki. Zastosowanie małych próbek, umożliwi stwierdzenie własności udarnościowych dla poszczególnych pasm włókien o szerokości trzech, czterech lub pięciu milimetrów, w zależności od lokalnego ich ułożenia.

Badania laboratoryjne, przeprowadzane celem stwierdzenia przyczyny uszkodzenia badanego elementu, wymagają często pobrania małych próbek udarności tuż obok miejsca złamania, uszkodzenia i t. p. Odpowiednio pobrane małe próbki na udarność mogą ułatwić niejednokrotnie stwierdzenie własności lokalnych badanego materiału w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca uszkodzonego.

Dalsze ważne zastosowanie może znaleźć mała próbka do badań udarności dla materiałów podlegających procesowi starzenia. Ma to szczególne znaczenie przy badaniach starych blach kotłowych, dla których wytrzymałość i wydłużenie próbek pobranych z pełnego przekroju blachy nie ujawniają większego spadku tych własności w miarę postępu starzenia się. Sprawdzenie jakości blachy kotła może nastąpić przez wycięcie gryzem koronowym krążków, pobranych z różnych miejsc blachy¹⁾. Pozostałe otwory zanitowuje się, przez co uzyskuje się możliwość kontroli

¹⁾ W referacie p. t. „Badania wytrzymałości próbek o małych wymiarach dla materiału blach kotłowych“ wygłoszonym na VII. Zjeździe Inżynierów Mechaników w Warszawie dnia 27. V. 1933, podał Inż. M. Popiel zastosowanie małych próbek na rozciąganie o średnicy 1, 2 i 3 mm, pobranych z krążków wyciętych gryzem koronowym z różnych miejsc blachy. Małe próbki na rozciąganie pobrane z miejsc wyoblenia oraz w pobliżu otworów nitowych, pozwalają w pewnym stopniu na stwierdzenie spadku własności mechanicznych dla tych miejsc podlegających szczególnie silnie procesowi starzenia.

*) Praca niniejsza jest zapoczątkowaniem badań nad próbą udarności z inicjatywy Sekcji Metali Polskiego Związku Badania Materiałów.

***) Referat zgłoszony na X. Zjazd Inżynierów Mechaników Polskich w Warszawie na dzień 25. VIII. 1936.

TABELA 1. Zestawienie gatunków stali.

| Stal | Oznaczenie stali wg. | | Analiza | Skład chemiczny w % | | | | | | | | | |
|------|----------------------|-----------------------|------------|---------------------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|
| | S. A. E. * | P. N. W. stł. 21 i 24 | | C | Mn | Si | P | S | Ni | Cr | Cu | Va | Mo |
| A | 1015 | 0016 | Wytopu | 0,16 | 0,46 | 0,29 | 0,018 | 0,024 | — | — | 0,11 | — | — |
| | | | Got. fabr. | 0,19 | 0,47 | 0,34 | 0,016 | 0,029 | — | — | 0,12 | — | — |
| B | 1035 | 0035 | Wytopu | 0,37 | 0,70 | 0,25 | 0,019 | 0,012 | — | — | 0,14 | — | — |
| | | | Got. fabr. | 0,36 | 0,73 | 0,25 | 0,025 | 0,013 | — | — | 0,147 | — | — |
| C | 3140 | 12—1—40 | Wytopu | 0,39 | 0,63 | 0,27 | 0,016 | 0,022 | 1,30 | 0,61 | 0,17 | — | — |
| | | | Got. fabr. | 0,37 | 0,63 | 0,32 | 0,013 | 0,027 | 1,43 | 0,58 | 0,193 | — | — |
| D | S 3330 | 12—3—30 | Wytopu | 0,29 | 0,58 | 0,25 | 0,018 | 0,014 | 3,14 | 0,87 | 0,16 | 0,07 | 0,24 |
| | | | Got. fabr. | 0,31 | 0,62 | 0,24 | 0,013 | 0,011 | 3,29 | 0,87 | 0,182 | 0,11 | 0,22 |

*) Oznaczenie stali wg. „Society of Automotive Engineers“.

TABELA 2. Zestawienie wymiarów próbek na udarność.

| Oznaczenie próbki | Wymiary przekroju poprzecznego próbki | Długość próbki | Głębokość karbu | Promień zaokrąglenia karbu | Pole przekroju złamania | Odległość pod- pór wzgl. wysokość uderzenia*) |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|--|
| | mm | mm | mm | mm | mm ² | mm |
| Próbki o przekroju kwadratowym | | | | | | |
| Mesnager | 10×10 | 55 | 2 | 1 | 10×8 | 40 |
| Niemiecka wg. D.V.M. | 10×10 | 55 | 3 | 1 | 10×7 | 40 |
| W 5 | 5×5 | 30 | 1 | 0,5 | 5×4 | 20 |
| W 5 v | 5×5 | 30 | 1 | 0,25 | 5×4 | 20 |
| W 4 | 4×4 | 30 | 0,8 | 0,5 | 4×3,2 | 20 |
| W 4 v | 4×4 | 30 | 0,8 | 0,25 | 4×3,2 | 20 |
| W 3 | 3×3 | 30 | 0,6 | 0,5 | 3×2,4 | 20 |
| W 3 v | 3×3 | 30 | 0,6 | 0,25 | 3×2,4 | 20 |
| Próbki o przekroju kołowym | | | | | | |
| Izod | ∅ 11,43 | 76 | 3,3 | 0,25 | 77,88 | 22 |
| W 10 | ∅ 10 | 60 | 1 | 1 | ∅ 8 | 21 |
| W 10 v | ∅ 10 | 60 | 1 | 0,25 | ∅ 8 | 21 |
| W 15 | ∅ 10 | 60 | 1,5 | 1 | ∅ 7 | 21 |
| W 15 v | ∅ 10 | 60 | 1,5 | 0,25 | ∅ 7 | 21 |
| W J 5 | ∅ 5 | 40 | 1 | 0,25 | 16,85 | 10 |
| W 05 | ∅ 5 | 40 | 0,5 | 0,5 | ∅ 4 | 10 |
| W 05 v | ∅ 5 | 40 | 0,5 | 0,25 | ∅ 4 | 10 |
| W 04 | ∅ 4 | 40 | 0,4 | 0,5 | ∅ 3,2 | 10 |
| W 04 v | ∅ 4 | 40 | 0,4 | 0,25 | ∅ 3,2 | 10 |
| W 03 | ∅ 3 | 40 | 0,3 | 0,5 | ∅ 2,4 | 10 |
| W 03 v | ∅ 3 | 40 | 0,3 | 0,25 | ∅ 2,4 | 10 |

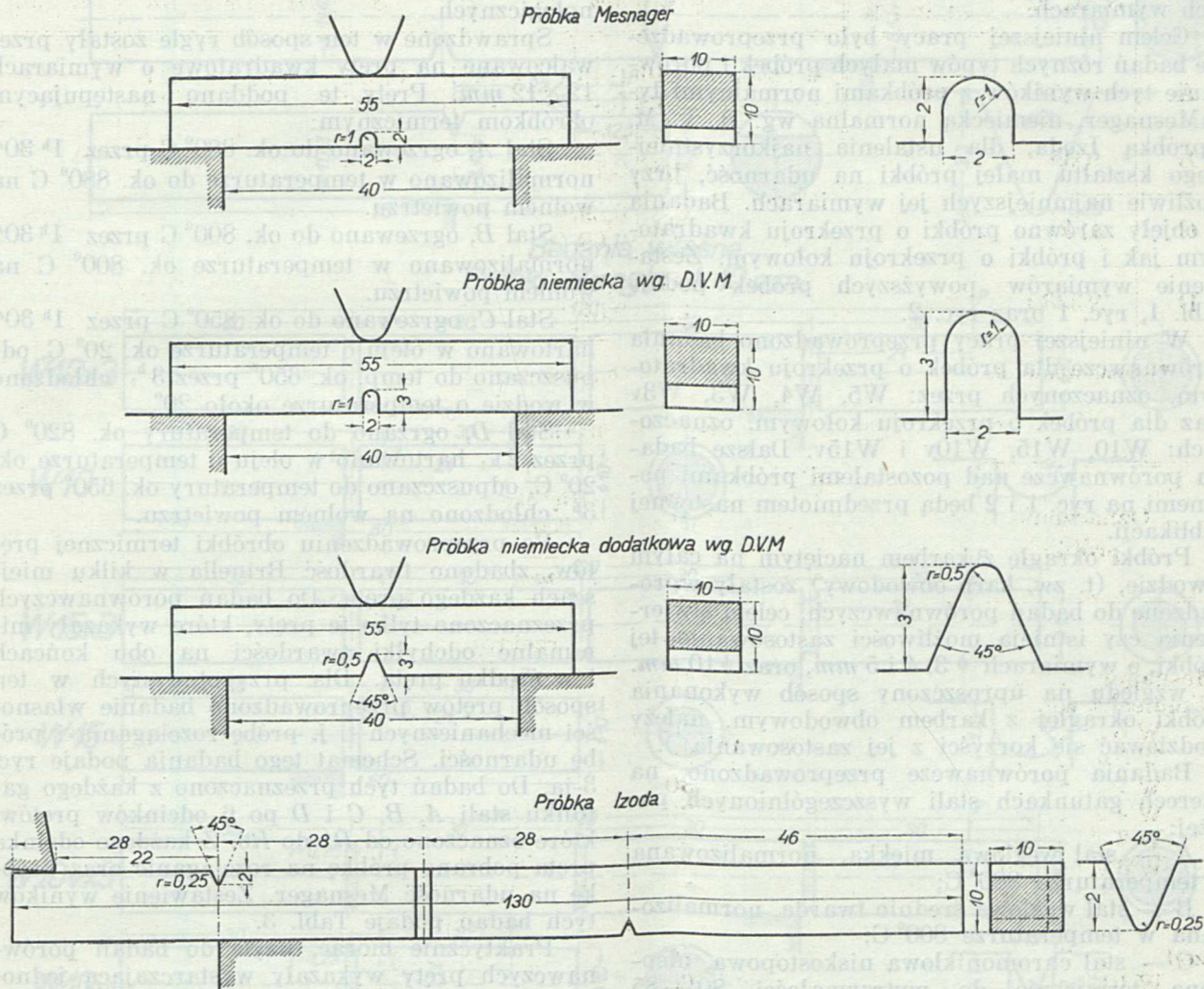
*) Wysokość uderzenia dla próbek okrągłych mierzona pomiędzy płaszczyzną karbu i ostrzem młota w chwili uderzenia. (Patrz ryc. 1).

materiału kotła bez dłuższego wyłączenia go z ruchu. Możliwość pobrania małych próbek na udarność z powyższych kraźków, pozwala na stwierdzenie postępu starzenia się materiału bez uszkodzenia kotła. Małe próbki na udarność mogą być pobrane z miejsc, które podczas wyrobu podlegały zgniotowi analogicznie, jak małe próbki na rozciąganie. Próba udarności stanowi zaś najbardziej właściwy sprawdzian postępu starzenia. Analogicznie też mała próbka może być pomocną przy kontroli aparatów chemicznych, pracują-

cych przy wysokich ciśnieniach i temperaturach w ośrodkach powodujących z biegiem czasu kruchość materiału.

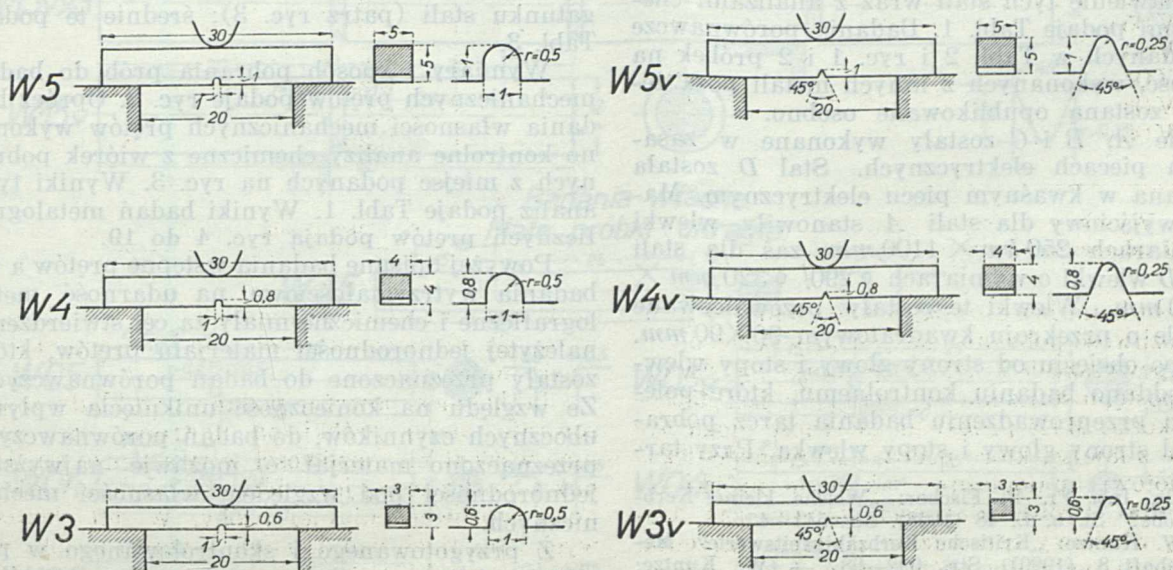
Jakkolwiek powyżej podane przykłady zastosowania małej próbki na udarność nie mogą ująć wszystkich możliwości w tym kierunku, jednak w dostatecznej już mierze świadczą o konieczności wprowadzenia tej próby. W dotychczasowych badaniach nad dobrem kształtu próbki, wg. znanej nam literatury, najmniejsza zastosowana próbka na udarność była typu Fremont o wymia-

Próbki kwadratowe na udarność



Badania własne

Małe próbki kwadratowe na udarność.



Ryc. 1.

Zestawienie wymiarów próbek na udarność o przekroju kwadratowym.

rach $8 \times 10 \times 30$, z karbem kwadratowym o głębokości 1 mm^2). Próbką ta nie znalazła większego zastosowania, ponadto nie rozwiązuje ona możliwości przeprowadzenia badań elementów o małych wymiarach.

Celem niniejszej pracy było przeprowadzenie badań różnych typów małych próbek i porównanie tych wyników z próbkami normalnymi typu Mesnager, niemiecką normalną wg. D. V. M. i próbką Izoda, dla ustalenia najkorzystniejszego kształtu małej próbki na udarność, przy możliwie najmniejszych jej wymiarach. Badania te objęły zarówno próbki o przekroju kwadratowym jak i próbki o przekroju kołowym. Zestawienie wymiarów powyższych próbek podaje Tabl. 1, ryc. 1 oraz ryc. 2.

W niniejszej pracy przeprowadzono badania porównawcze dla próbek o przekroju kwadratowym, oznaczonych przez: W5, W4, W3, W3v oraz dla próbek o przekroju kołowym, oznaczonych: W10, W15, W10v i W15v. Dalsze badania porównawcze nad pozostałymi próbkami podanymi na ryc. 1 i 2 będą przedmiotem następnej publikacji.

Próbki okrągłe z karbem naciętym na całym obwodzie, (t. zw. karb obwodowy) zostały wprowadzone do badań porównawczych, celem stwierdzenia czy istnieją możliwości zastosowania tej próbki, o wymiarach $\phi 3$, 4 i 5 mm , oraz $\phi 10 \text{ mm}$. Ze względu na uproszczony sposób wykonania próbki okrągłej z karbem obwodowym, należy spodziewać się korzyści z jej zastosowania²⁾.

Badania porównawcze przeprowadzono na czterech gatunkach stali wyszczególnionych poniżej:

A — stal węglowa miękka, normalizowana w temperaturze 880°C ;

B — stal węglowa średnio twarda, normalizowana w temperaturze 800°C ;

C — stal chromoniklowa niskostopowa, ulepszona termicznie do wytrzymałości $80\text{—}85 \text{ kg/mm}^2$;

D — stal chromoniklowa średniostopowa, ulepszona termicznie do wytrzymałości $90\text{—}95 \text{ kg/mm}^2$.

Zestawienie tych stali wraz z analizami chemicznymi podaje Tabl. 1. Badania porównawcze dla podanych w Tabl. 2 i ryc. 1 i 2 próbek na udarność, wykonanych z innych metali poza żelazem, zostaną opublikowane osobno.

Stale A, B i C zostały wykonane w zasadowych piecach elektrycznych. Stal D została wykonana w kwaśnym piecu elektrycznym. Materiał wyjściowy dla stali A stanowiły wlewki o wymiarach $250 \text{ kw} \times 1100 \text{ mm}$, zaś dla stali B, C i D wlewki o wymiarach $\phi 290 / \phi 320 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$. Wlewki te zostały przewalcowane na rygle o przekroju kwadratowym $90 \times 90 \text{ mm}$. Rygle po obcięciu od strony głowy i stopy wlewków poddano badaniu kontrolnemu, które polegało na przeprowadzeniu badania tarcz pobranych od strony głowy i stopy wlewka. Przy tar-

czach pobranych z rygli ze stali węglowej A i B przeprowadzono badania metalograficzne, z rygli pobranych ze stali C i D przeprowadzono badania metalograficzne oraz badania złomów technologicznych.

Sprawdzone w ten sposób rygle zostały przewalcowane na pręty kwadratowe o wymiarach $12 \times 12 \text{ mm}$. Pręty te poddano następującym obróbkom termicznym:

Stal A, ogrzewano do ok. 880°C przez $1 \text{ h } 30'$, normalizowano w temperaturze do ok. 880°C na wolnym powietrzu.

Stal B, ogrzewano do ok. 800°C przez $1 \text{ h } 30'$, normalizowano w temperaturze ok. 800°C na wolnym powietrzu.

Stal C, ogrzewano do ok. 850°C przez $1 \text{ h } 30'$, hartowano w oleju o temperaturze ok. 20°C , odpuszczano do temp. ok. 650° przez 3 h , chłodzono w wodzie o temperaturze około 20° .

Stal D, ogrzewano do temperatury ok. 820°C przez 2 h , hartowano w oleju o temperaturze ok. 20°C , odpuszczano do temperatury ok. 650° przez 3 h , chłodzono na wolnym powietrzu.

Po przeprowadzeniu obróbki termicznej prętów, zbadano twardość Brinella w kilku miejscach każdego pręta. Do badań porównawczych przeznaczono tylko te pręty, które wykazały minimalne odchyłki twardości na obu końcach i w środku pręta. Dla przygotowanych w ten sposób prętów przeprowadzono badanie własności mechanicznych t. j. próbę rozciągania i próbę udarności. Schemat tego badania podaje ryc. 3-ia. Do badań tych przeznaczono z każdego gatunku stali A, B, C i D po 6 odcinków prętów, które oznaczono od R1 do R6. Z każdego odcinka pręta pobrano próbkę na rozciąganie oraz próbkę na udarność Mesnager. Zestawienie wyników tych badań podaje Tabl. 3.

Praktycznie biorąc, użyte do badań porównawczych pręty wykazały wystarczającą jednorodność wzdłuż długości poszczególnych prętów. Przeciętne własności mechaniczne prętów przeznaczonych do badań porównawczych, charakteryzują uzyskane średnie z sześciu odcinków próbnych, pobranych z dwóch prętów każdego gatunku stali (patrz ryc. 3); średnie te podaje Tabl. 3.

Wymiary i sposób pobrania prób do badań mechanicznych prętów podaje ryc. 3. Oprócz badania własności mechanicznych prętów wykonano kontrolne analizy chemiczne z wiórek pobranych z miejsc podanych na ryc. 3. Wyniki tych analiz podaje Tabl. 1. Wyniki badań metalograficznych prętów podają ryc. 4 do 19.

Powyżej opisane badania wstępne prętów a to: badania wytrzymałościowe, na udarność, metalograficzne i chemiczne miały za cel stwierdzenie należytej jednorodności materiału prętów, które zostały przeznaczone do badań porównawczych. Ze względu na konieczność uniknięcia wpływu ubocznych czynników, do badań porównawczych przeznaczono materiał o możliwie najwyższej jednorodności pod względem własności mechanicznych.

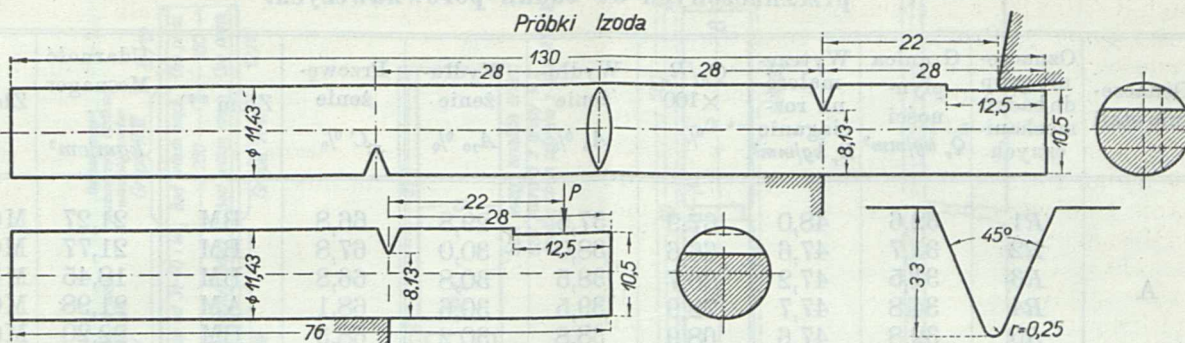
Z przygotowanego i skontrolowanego w powyżej opisany sposób materiału, pobrano próbki na udarność wg. schematu podanego na ryc. 3.

²⁾ Dr. Inż. Fr. P. Fischer: „Welche kleine Kerbschlagprobe?“ St. u. E. 48 (1928). Str. 541—47.

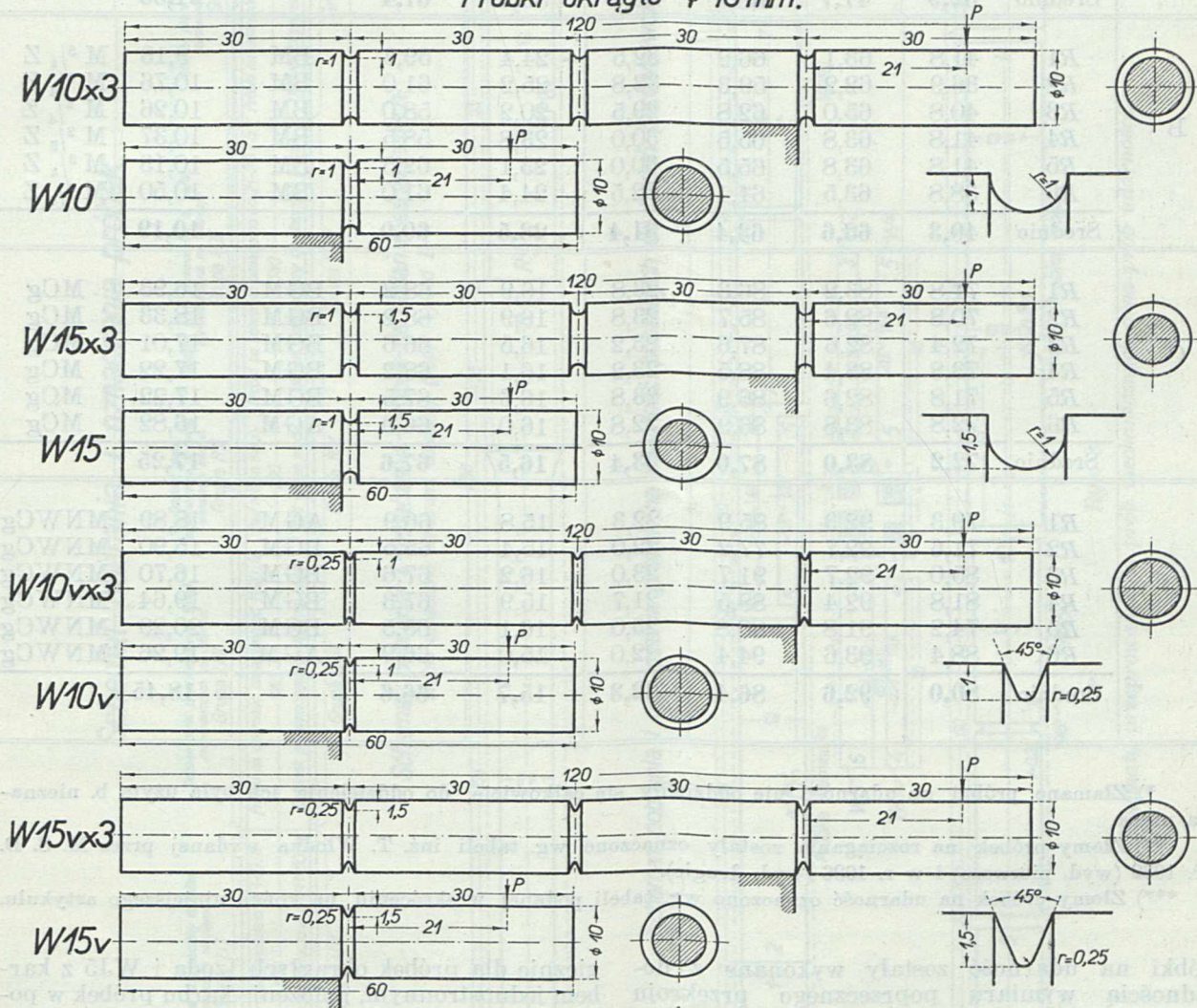
³⁾ W. Kuntze: „Kritische Kerbzähigkeitswerte“. Metallwirtschaft 8 (1929). Str. 992—98. — W. Kuntze: „Kerbzähigkeit und statische Kennziffern“. Archiv Eisenhüttenwesen 2 (1928/29). Str. 625—74.

Próbki okrągłe na udarność

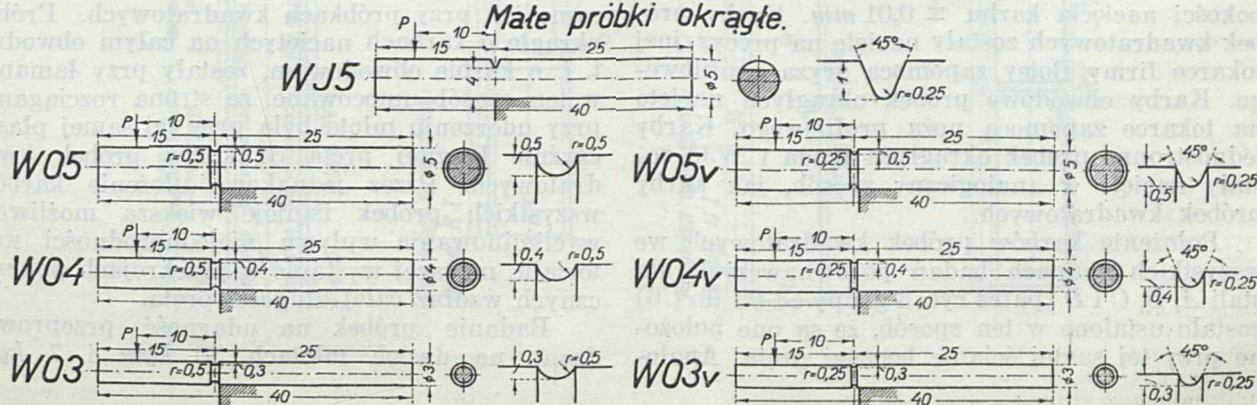
Próbki Izoda



Badania własne.
Próbki okrągłe $\phi 10$ mm.



Badania własne.
Małe próbki okrągłe.



Ryc. 2. — Zestawienie wymiarów próbek na udarność o przekroju kołowym.

TABELA 3. Zestawienie wyników prób mechanicznych prętów stalowych przeznaczonych do badań porównawczych.

| Oznaczenie stali | Oznaczenie grup do badań mechanicznych | Granica płynności Q_r , kg/mm ² | Wytrzymałość na rozciąganie R_r , kg/mm ² | Q_r/R_r ×100 % | Wydłużenie A_5 % | Wydłużenie A_{10} % | Przewężenie C % | Złom **) | Udarność Mesnager U kgm/cm ² | Złom ***) |
|------------------|--|---|---|------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|----------|--|-----------------------|
| A | R1 | 32,6 | 48,0 | 67,9 | 37,5 | 29,8 | 66,8 | BM | 21,27 | MCg*) |
| | R2 | 31,7 | 47,6 | 66,6 | 38,0 | 30,0 | 67,8 | BM | 21,77 | MCg*) |
| | R3 | 31,5 | 47,2 | 66,7 | 38,5 | 30,8 | 66,8 | BM | 18,45 | M $\frac{3}{4}$ ZCg*) |
| | R4 | 34,8 | 47,7 | 72,9 | 39,5 | 30,6 | 68,1 | AM | 21,98 | MCg*) |
| | R5 | 32,8 | 47,6 | 68,9 | 38,8 | 30,2 | 68,3 | BM | 22,20 | MCg*) |
| | R6 | 34,0 | 48,2 | 70,5 | 41,2 | 31,2 | 66,8 | BM | 22,42 | MCg*) |
| | Średnio | 32,9 | 47,7 | 68,9 | 38,9 | 30,4 | 67,4 | | 21,35 | |
| B | R1 | 41,8 | 63,1 | 66,2 | 32,5 | 24,4 | 59,3 | BM | 9,13 | M $\frac{3}{4}$ Z |
| | R2 | 36,9 | 62,2 | 59,3 | 33,8 | 25,2 | 61,0 | BM | 10,76 | M $\frac{3}{4}$ Z |
| | R3 | 40,8 | 65,0 | 62,8 | 29,5 | 20,2 | 58,0 | BM | 10,26 | M $\frac{3}{4}$ Z |
| | R4 | 41,8 | 63,8 | 65,5 | 30,0 | 23,8 | 58,5 | BM | 10,37 | M $\frac{2}{3}$ Z |
| | R5 | 41,8 | 63,8 | 65,5 | 30,0 | 23,1 | 62,5 | BM | 10,13 | M $\frac{3}{4}$ Z |
| | R6 | 38,8 | 63,5 | 61,1 | 32,5 | 24,4 | 61,0 | BM | 10,50 | M $\frac{3}{4}$ Z |
| | Średnio | 40,3 | 63,6 | 63,4 | 31,4 | 23,5 | 60,0 | | 10,19 | |
| C | R1 | 71,8 | 83,2 | 86,3 | 23,8 | 16,9 | 68,2 | BGM | 16,93 | MCg |
| | R2 | 70,8 | 82,6 | 85,7 | 23,8 | 16,9 | 68,2 | BGM | 18,33 | MCg |
| | R3 | 72,4 | 82,6 | 87,6 | 23,2 | 16,5 | 66,6 | BGM | 17,01 | MCg |
| | R4 | 73,8 | 83,4 | 88,5 | 23,2 | 16,1 | 68,2 | BGM | 17,22 | MCg |
| | R5 | 71,8 | 82,6 | 86,9 | 23,8 | 16,6 | 67,5 | BGM | 17,22 | MCg |
| | R6 | 72,8 | 83,8 | 86,9 | 22,8 | 16,0 | 66,9 | AGM | 16,82 | MCg |
| | Średnio | 72,2 | 83,0 | 87,0 | 23,4 | 16,5 | 67,6 | | 17,25 | |
| D | R1 | 79,3 | 92,3 | 85,9 | 22,3 | 15,8 | 66,9 | AGM | 18,89 | MNWCg |
| | R2 | 71,6 | 92,7 | 77,2 | 22,0 | 15,4 | 65,5 | BGM | 15,90 | MNWCg |
| | R3 | 85,0 | 92,7 | 91,7 | 23,0 | 16,2 | 67,6 | BGM | 16,70 | MNWCg |
| | R4 | 81,8 | 92,4 | 88,5 | 21,7 | 15,9 | 67,3 | BGM | 19,64 | MNWCg |
| | R5 | 74,2 | 91,8 | 80,8 | 23,0 | 16,1 | 65,5 | BGM | 20,29 | MNWCg |
| | R6 | 88,4 | 93,6 | 94,4 | 22,0 | 15,0 | 66,9 | AGM | 19,26 | MNWCg |
| | Średnio | 80,0 | 92,6 | 86,4 | 22,3 | 15,7 | 66,6 | | 18,45 | |

*) Złamane próbki na udarność nie oddzieliły się całkowicie, do oddzielenia ich była użyta b. nieznaną pracę.

***) Złomy próbek na rozciąganie zostały oznaczone wg. tabeli inż. T. Włodka wydanej przez M. S. D. w r. 1932 (wyd. pierwsze) i w r. 1936 (wyd. drugie).

****) Złomy próbek na udarność oznaczono wg. tabeli podanej w skróceniu na końcu niniejszego artykułu.

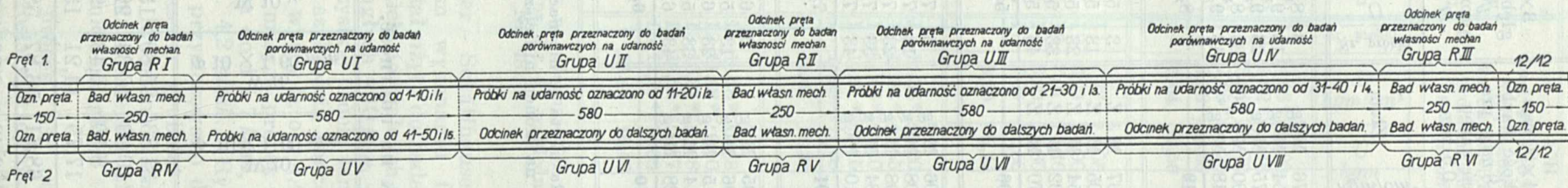
Próbki na udarność zostały wykonane z dokładnością wymiaru poprzecznego przekroju $\pm 0,01$ mm, wymiarów długości $\pm 0,10$ mm, głębokości nacięcia karbu $\pm 0,01$ mm. Karby próbek kwadratowych zostały nacięte na precyzyjnej tokarce firmy Boley zapomocą gryza profilowego. Karby obwodowe próbek okrągłych nacięto na tokarce zapomocą noża profilowego. Karby jednostronne próbek okrągłych Izoda i WJ5 zostały nacięte w analogiczny sposób, jak karby próbek kwadratowych.

Położenie karbów próbek kwadratowych we wszystkich grupach badań porównawczych dla stali A, B, C i D (patrz ryc. 3 grupy od U1 do U6) zostało ustalone w ten sposób, że są one położone przy tej samej ścianie bocznej pręta. Analo-

gicznie dla próbek okrągłych Izoda i WJ5 z karbem jednostronnym, położenie karbu próbek w poszczególnych grupach U1, U2 ...U6 jest takie same jak przy próbkach kwadratowych. Próbki okrągłe o karbach naciętych na całym obwodzie t. j. o karbie obwodowym, zostały przy łamaniu w ten sposób umocowane, że strona rozciągania przy uderzeniu młota była przy tej samej płaszczyźnie bocznej pręta co karby próbek kwadratowych. Przez jednakowe ułożenie karbów wszystkich próbek istnieje większa możliwość wyeliminowania wpływu niejednorodności materiału, mogącej wystąpić w przekrojach poprzecznych wzdłuż całej długości pręta.

Badanie próbek na udarność przeprowadzono na dwóch młotach 30 kgm i 7 kgm

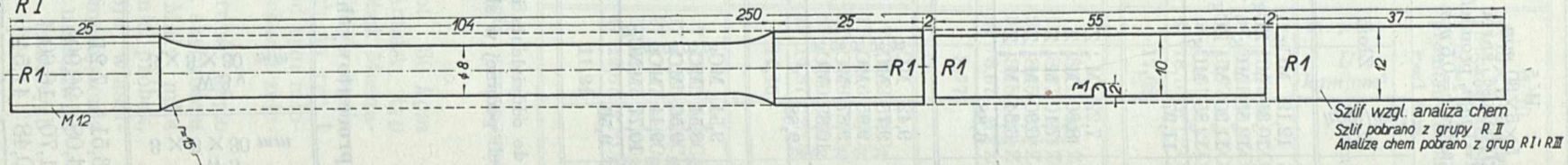
Schemat pobrania i oznaczenia próbek.



Schemat pobrania i oznaczenia próbek do badań mechanicznych.

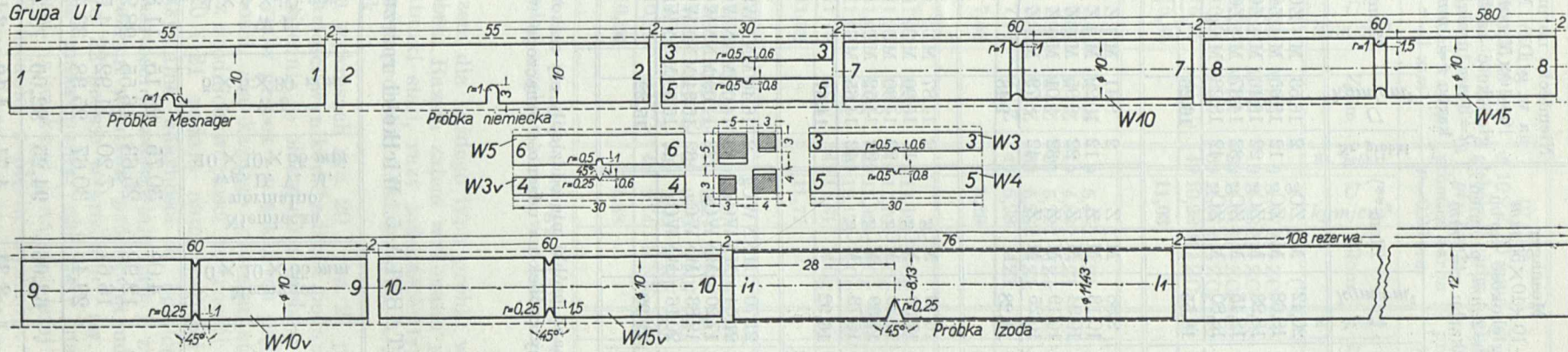
Próbki oznaczono: numerami odnośnej grupy tj: od I-VI

Przykład oznaczenia:
Grupa RI



Schemat pobrania i oznaczenia próbek na udarność. pobranych do badań porównawczych

Przykład oznaczenia:
Grupa UI



Ryc. 3.

Schematy przeprowadzenia prób mechanicznych oraz prób udarnośći.

TABELA 4. Wyniki badań

| Rodzaj próbek względnie ich oznaczenie | Messager 10×10×55 mm głębokość karbu gt=2 mm, promień karbu r=1 mm | | | Niemiecka normalna w. g. D. V. M. 10×10×55 mm głębokość karbu gt=3 mm, promień karbu r=1 mm | | | W 5 5×5×30 mm głębokość karbu gt=1 mm, promień karbu r=0,5 mm | | | W 4 4×4×30 mm głębokość karbu gt=0,8 mm, promień karbu r=0,5 mm | | | W 3 3×3×30 mm głębokość karbu gt=0,6 mm promień karbu r=0,5 mm | | | | | | | | |
|--|--|------------------------------------|------------|---|-----------------|------------|---|--------------------|-----------------|---|-------|-------------------|---|-------|-------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | Oznaczenie stali | Oznaczenie grup do badań udarności | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom **) | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom | | | | |
| A | U1A | 1 | 20,42) | M 1 | ZC _g | 2 | 16,53 | M 1 | ZC _g | 6 | 12,19 | MC _g * | 5 | 10,76 | MC _g | 3 | 8,05 | MC _g * | | | |
| | U2A | 11 | 18,68 | M 1 | ZC _g | 12 | 15,65 | M 1 | ZC _g | 16 | 10,35 | M 1 | ZC _g | 15 | 10,54 | MC _g | 13 | 9,00 | MC _g * | | |
| | U3A | 21 | 18,28 | M 1 | ZC _g | 22 | 16,46 | M 1 | ZC _g | 26 | 12,55 | MC _g * | 25 | 10,75 | MC _g | 23 | 9,00 | MC _g * | | | |
| | U4A | 31 | 18,45 | M 1 | ZC _g | 32 | 14,37 | M 1 | ZC _g | 36 | 11,90 | M 1 | ZC _g | 35 | 9,90 | M 1 | ZC _g | 33 | 8,74 | MC _g * | |
| | U5A | 41 | 18,80 | M 1 | ZC _g | 42 | 18,28 | M 1 | ZC _g | 46 | 12,85 | MC _g * | 45 | 10,48 | MC _g * | 43 | 9,00 | MC _g * | | | |
| | Średnio | | 18,55 | | | | 16,26 | | | | 11,97 | | | 10,49 | | | 8,76 | | | | |
| B | U1B | 1 | 9,88 | M 1 | Z | 2 | 9,41 | M 1 | Z | 6 | 7,22 | M 1 | Z | 5 | 6,67 | M 1 | Z | 3 | 5,88 | M 1 | ZC _g |
| | U2B | 11 | 10,13 | M 1 | Z | 12 | 10,22 | M 1 | Z | 16 | 8,86 | M 1 | Z | 15 | 6,05 | M 1 | Z | 13 | 5,69 | M 1 | ZC _g |
| | U3B | 21 | 10,94 | M 1 | Z | 22 | 9,95 | M 1 | Z | 26 | 7,10 | M 1 | Z | 25 | 5,54 | M 1 | Z | 23 | 5,76 | M 1 | ZC _g |
| | U4B | 31 | 10,19 | M 1 | Z | 32 | 9,01 | M 1 | Z | 36 | 6,90 | M 1 | Z | 35 | 6,32 | M 1 | Z | 33 | 5,28 | M 1 | ZC _g |
| | U5B | 41 | 10,25 | M 1 | Z | 42 | 8,79 | M 1 | Z | 46 | 6,34 | M 1 | Z | 45 | 5,70 | M 1 | Z | 43 | 5,76 | M 1 | ZC _g |
| | Średnio | | 10,28 | | | | 9,48 | | | | 6,88 | | | 6,06 | | | 5,67 | | | | |
| C | U1C | 1 | 16,70 | MC _g | | 2 | 14,87 | MC _g | | 6 | 9,42 | MC _g | 5 | 9,06 | MC _g | 3 | 7,75 | MC _g | | | |
| | U2C | 11 | 17,39 | MC _g | | 12 | 15,00 | MC _g | | 16 | 9,75 | MC _g | 15 | 9,08 | MC _g | 13 | 7,47 | MC _g | | | |
| | U3C | 21 | 17,39 | MC _g | | 22 | 14,30 | MC _g | | 26 | 9,95 | MC _g | 25 | 8,98 | MC _g | 23 | 7,27 | MC _g | | | |
| | U4C | 31 | 17,39 | MC _g | | 32 | 14,52 | MC _g | | 36 | 9,87 | MC _g | 35 | 8,84 | MC _g | 33 | 7,84 | MC _g | | | |
| | U5C | 41 | 15,73 | MC _g | | 42 | 14,65 | MC _g | | 46 | 10,39 | MC _g | 45 | 9,10 | MC _g | 43 | 7,63 | MC _g | | | |
| | Średnio | | 16,92 | | | | 14,67 | | | | 9,88 | | | 9,01 | | | 7,59 | | | | |
| D | U1D | 1 | 21,70 | MNNWC _g | | 2 | 16,46 | MNNWC _g | | 6 | 9,54 | MC _g | 5 | 7,95 | MC _g | 3 | 6,80 | MC _g | | | |
| | U2D | 11 | 21,04 | MNWC _g | | 12 | 14,01 | MNNWC _g | | 16 | 8,54 | MC _g | 15 | 6,96 | MC _g | 13 | 5,69 | MC _g | | | |
| | U3D | 21 | 17,20 | MNWC _g | | 22 | 14,09 | MNNWC _g | | 26 | 9,50 | MC _g | 25 | 8,15 | MC _g | 23 | 6,59 | MC _g | | | |
| | U4D | 31 | 19,83 | MNWC _g | | 32 | 15,94 | MNNWC _g | | 36 | 9,44 | MC _g | 35 | 7,14 | MC _g | 33 | 5,67 | MC _g | | | |
| | U5D | 41 | 20,16 | MNWC _g | | 42 | 15,58 | MNNWC _g | | 46 | 10,77 | MNC _g | 45 | 8,28 | MC _g | 43 | 6,85 | MC _g | | | |
| | Średnio | | 19,99 | | | | 15,22 | | | | 9,56 | | | 7,70 | | | 6,32 | | | | |

*) Złamane próbki nie oddzieliły się całkowicie, do oddzielenia ich została użyta b. nieznacząca praca.

**) Złomy próbek na udarność oznaczono wg. tabeli podanej w skróceniu na końcu niniejszego artykułu

TABELA 5. Wielkości rozrzutów procentowych próbek na udarność.

| Oznaczenie próbek na udarność | Messager 10×10×55 mm | Niemiecka normalna w. g. D. V. M. 10×10×55 mm | W 5 5×5×30 mm | W 4 4×4×30 mm | W 3 3×3×30 mm | W 3 v 3×3×30 mm | Izod φ 11,43 × L 76 mm | W 10 φ 10 × L 60 mm | W 15 φ 10 × L 60 mm | W 10 v φ 10 × L 60 mm | W 15 v φ 10 × L 60 mm |
|-------------------------------|-------------------------|--|------------------|------------------|------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Stal A . . . | 4,04 | 30,75 | 28,15 | 11,34 | 16,51 | 7,21 | 37,60 | 31,83 | 25,89 | 13,57 | 32,62 |
| Stal B . . . | 12,92 | 25,63 | 16,55 | 28,90 | 14,08 | 26,90 | 25,18 | 10,93 | 10,34 | 22,09 | 16,96 |
| Stal C . . . | 16,64 | 7,20 | 11,92 | 4,52 | 11,70 | 16,60 | 7,19 | 8,10 | 6,43 | 9,31 | 2,88 |
| Stal D . . . | 29,46 | 30,67 | 25,38 | 33,49 | 40,48 | 41,54 | 49,08 | 17,75 | 14,21 | 13,28 | 10,63 |
| Suma . . . | 63,06 | 94,25 | 82,00 | 78,25 | 82,77 | 92,25 | 119,05 | 68,61 | 56,87 | 58,25 | 63,09 |
| Średnia . . . | 3,31 | 4,71 | 4,10 | 3,91 | 4,13 | 4,61 | 5,95 | 3,43 | 2,99 | 2,91 | 3,15 |

porównawczych prób udarności.

| W3v 3×3×30 mm głębokość karbu gt=0,6 mm promień karbu r=0,25 mm | | | Izod Φ 11,43× L 76 głębokość karbu gt=3,3 mm promień karbu r=0,25 mm | | | W10 Φ 10×L 60 mm głębokość karbu gt=1 mm promień karbu r=1 mm | | | W15 Φ 10×L 60 mm głębokość karbu gt=1,5 mm promień karbu r=1 mm | | | W10v Φ 10×L 60 mm głębokość karbu gt=1 mm promień karbu r=0,25 mm | | | W15v Φ 10×L 60 mm głębokość karbu gt=1,5 mm promień karbu r=0,25 mm | | | |
|--|--------------------------|---------|--|--------------------------|--------------|--|------------|--------------------------|--|------------|--------------------------|--|------------|--------------------------|--|------------|--------------------------|------|
| Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom | Nr. próbki | U kgm/cm ² | U kgm | Złom | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom | Nr. próbki | U kgm/cm ² | Złom |
| 4 | 7,77 | MCg*) | 11 | 14,03* | 10,93 | M ZCg | 7 | 18,79 | M ZCg | 8 | 10,21 | M Z | 9 | 11,07 | M ZCg | 10 | 8,67 | M Z |
| 14 | 7,83 | MCg*) | 12 | 16,92* | 13,18 | M ZCg | 17 | 16,15 | M ZCg | 18 | 12,26 | M Z | 19 | 11,42 | M ZCg | 20 | 8,57 | M Z |
| 24 | 7,55 | MCg*) | 13 | 15,04* | 11,72 | M ZCg | 27 | 15,77 | M ZCg | 28 | 10,39 | M Z | 29 | 11,31 | M ZCg | 30 | 7,48 | M Z |
| 34 | 7,93 | MCg*) | 14 | 17,05* | 13,28 | M ZCg | 37 | 16,61 | M ZCg | 38 | 10,55 | M Z | 39 | 11,07 | M ZCg | 40 | 7,66 | M Z |
| 44 | 7,67 | MCg*) | 15 | 17,18* | 13,38 | M ZCg | 47 | 18,10 | M ZCg | 48 | 15,41 | MCg ¹⁾ | 49 | 10,28 | M ZCg | 50 | 8,83 | M Z |
| | 7,75 | | | 16,04 | 12,50 | | | 17,08 | | | 10,85 | | | 11,03 | | | 8,24 | |
| 4 | 4,89 | M 1/2 Z | 11 | 7,77 | 6,05 | M 1/2 Z | 7 | 8,71 | M Z | 8 | 7,40 | M Z | 9 | 5,45 | MZk | 10 | 4,00 | Zk |
| 14 | 4,82 | M 1/2 Z | 12 | 6,29 | 4,90 | M 1/2 Z | 17 | 8,87 | M Z | 18 | 7,64 | M Z | 19 | 4,83 | MZk | 20 | 4,15 | Zk |
| 24 | 5,41 | M 1/2 Z | 13 | 7,01 | 5,46 | M 1/2 Z | 27 | 8,45 | M Z | 28 | 7,27 | M Z | 29 | 5,72 | MZk | 30 | 4,15 | Zk |
| 34 | 5,13 | M 1/2 Z | 14 | 6,80 | 5,30 | M 1/2 Z | 37 | 9,15 | M Z | 38 | 7,55 | M Z | 39 | 5,23 | MZk | 40 | 4,41 | Zk |
| 44 | 4,44 | M 1/2 Z | 15 | 7,06 | 5,50 | M 1/2 Z | 47 | 8,67 | M Z | 48 | 7,79 | M Z | 49 | 5,23 | MZk | 50 | 3,89 | Zk |
| | 4,94 | | | 6,99 | 5,44 | | | 8,77 | | | 7,53 | | | 5,29 | | | 4,12 | |
| 4 | 6,47 | MCg | 11 | 14,38* | 11,20 | MCg | 7 | 14,52 | MCg | 8 | 11,38 | MCg | 9 | 11,46 | MCg | 10 | 9,71 | M |
| 14 | 6,78 | MCg | 12 | 14,83* | 11,55 | MCg | 17 | 14,16 | MCg | 18 | 11,79 | MCg | 19 | 11,70 | MCg | 20 | 9,69 | M |
| 24 | 6,31 | MCg | 13 | 14,63* | 11,40 | MCg | 27 | 14,26 | MCg | 28 | 11,69 | MCg | 29 | 11,93 | MCg | 30 | 9,61 | M |
| 34 | 6,52 | MCg | 14 | 14,31* | 11,15 | MCg | 37 | 14,20 | MCg | 38 | 11,48 | MCg | 39 | 12,17 | MCg | 40 | 9,53 | M |
| 44 | 7,00 | MCg | 15 | 14,89* | 11,60 | MCg | 47 | 14,87 | MCg | 48 | 11,74 | MCg | 49 | 11,61 | MCg | 50 | 9,61 | M |
| | 6,62 | | | 14,61 | 11,38 | | | 14,40 | | | 11,62 | | | 11,77 | | | 9,63 | |
| 4 | 5,89 | MCg | 11 | 16,28*) | 12,68 | MNWCg | 7 | 12,13 | MNCg | 8 | 10,60 | MCg | 9 | 9,37 | MNN | 10 | 7,71 | MNN |
| 14 | 4,97 | MCg | 12 | 11,68*) | 9,10 | MNWCg | 17 | 11,35 | MNCg | 18 | 9,87 | MNCg | 19 | 9,28 | MNN | 20 | 7,27 | MNN |
| 24 | 4,91 | MCg | 13 | 13,97*) | 10,88 | MNWCg | 27 | 11,47 | MNCg | 28 | 9,92 | MNCg | 29 | 9,15 | MNN | 30 | 7,53 | MNN |
| 34 | 5,54 | MCg | 14 | 12,54*) | 9,77 | MNWCg | 37 | 12,07 | MNCg | 38 | 10,39 | MNCg | 39 | 9,85 | MNN | 40 | 7,84 | MNN |
| 44 | 6,25 | MCg | 15 | 12,87*) | 10,03 | MNWCg | 47 | 12,67 | MNCg | 48 | 10,52 | MNCg | 49 | 9,74 | MNN | 50 | 7,66 | MNN |
| | 5,51 | | | 13,47 | 10,49 | | | 11,94 | | | 10,26 | | | 9,48 | | | 7,60 | |

1) Próbek na udarność Nr. 1 i Nr. 48 pobranych ze stali A nie brano pod uwagę z powodu skośnego przebiegu złomu (pr. Nr. 1) względnie wybitnie występującej różnicy wyglądu złomu w porównaniu z próbkami sąsiednimi (pr. Nr. 48).

firmy Amsler - Schaffhausen. Młot 30 kgm w normalnym wykonaniu firmy Amsler, typ 30PH130 został użyty do badania próbek Mesnager, niemieckich normalnych, wg D. V. M. Izoda i próbek okrągłych Φ 10 mm, podanych na ryc. 1 i ryc. 2. Wszystkie próbki łamano pod tym młotem ze stałą szybkością końcową w chwili uderzenia, która wynosiła ok. 4,4 m/sek.

Do badań małych próbek na udarność użyto młota Amslera do 4 i 7 kgm, ze stałą szybkością uderzenia ok. 4,2 m/sek. (Ryc. 26). Mały młot na udarność przystosowano do łamania próbek, przez zmniejszenie grubości przekroju właściwego młota z 12 mm na 8 mm. To zmniejszenie przekroju młota w miejscu uderzenia umożliwiło też zmniejszenie odległości podpór łamanych próbek.

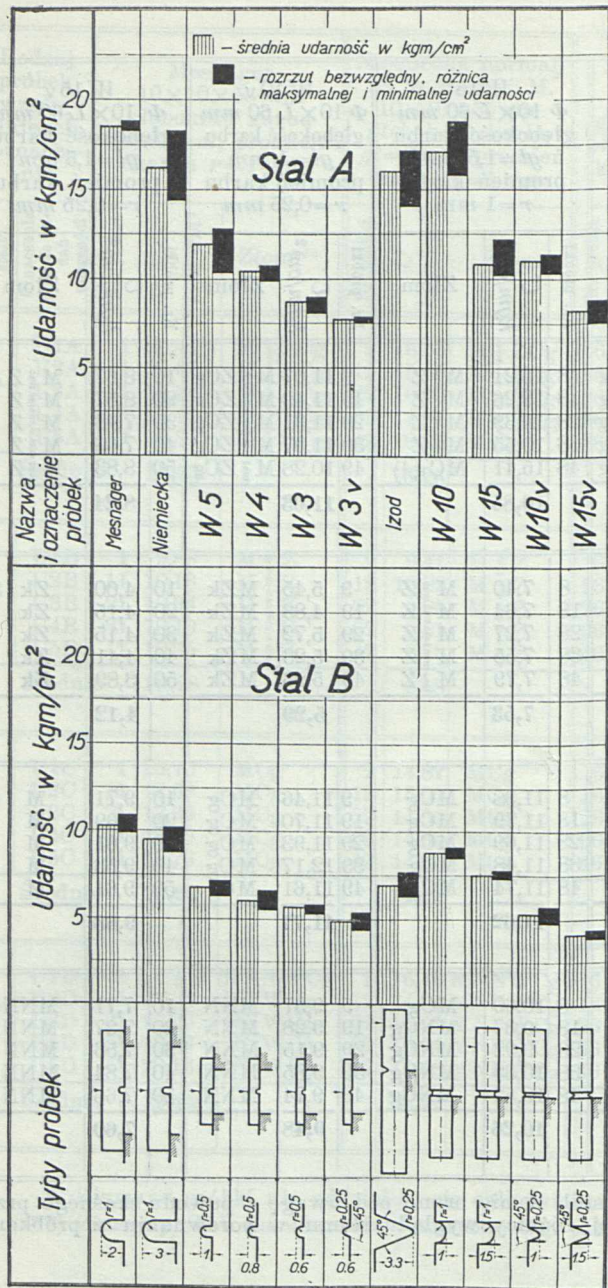
Badania próbek na udarność podanych w Tabl. 3 i 4 zostały przeprowadzone w temperaturze, która wahała się od 21 do 23° C.

W Tabl. 4 podano wyniki badań porównawczych próbek na udarność dla stali A, B, C i D,

przyczem dla każdego typu próbki wykonano po 5 próbek. Razem zatem wykonano próbek: cztery gatunki stali, razy jedenaście typów próbek, razy pięć próbek z każdego typu, t. j. razem 220 próbek.

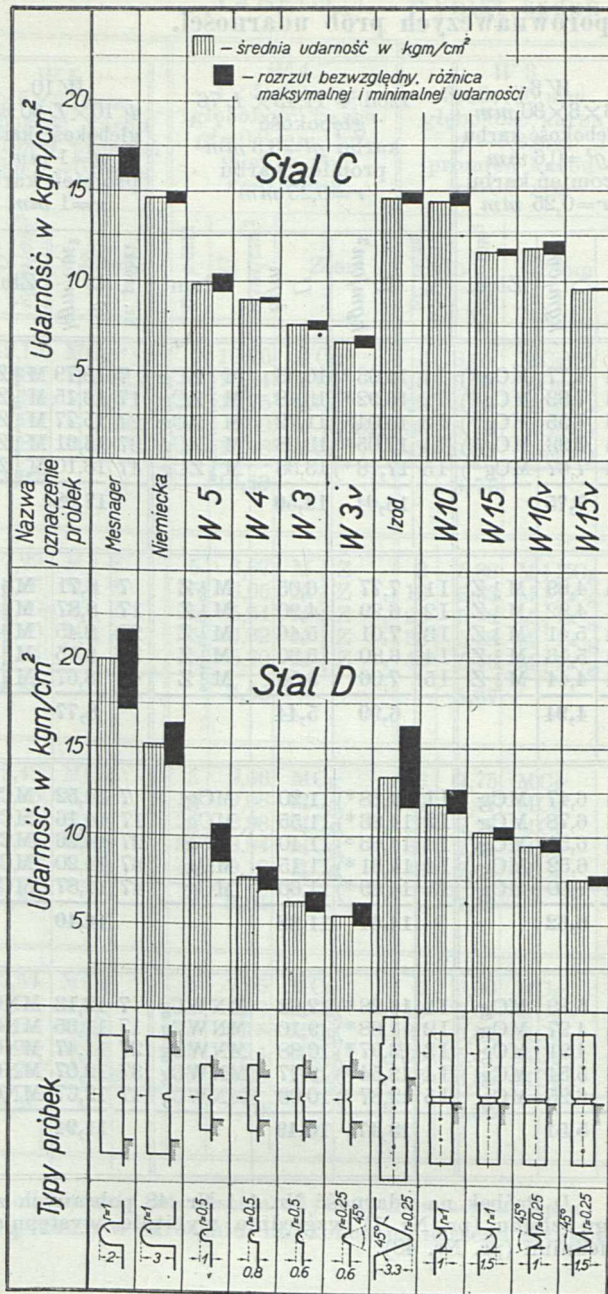
Na wykresach ryc. 20 i ryc. 21 podano średnie wartości wyników badania podanych w Tabl. 4-tej. Średnie te obliczono z osobna dla każdego z 11 typów próbek z uzyskanych pięciu wyników udarności, dla każdego gatunku stali z osobna. Oprócz średnich wartości udarności wykresy na ryc. 20 i 21 podają nam wartości minimalne i maksymalne udarności w kgm/cm². Różnice tych wartości przedstawiają nam t. zw. bezwzględny rozrzut wyników próbek na udarność.

Ryc. 22 podaje wykresie t. zw. procentowy rozrzut maksymalny, obliczony na podstawie wartości największej i najmniejszej w odniesieniu do średniej z pięciu wyników. Wykres ten charakteryzuje nam w sposób bardzo przejrzysty rozrzut procentowy dla poszczególnych typów próbek przy gatunkach stali A, B, C i D.



Ryc. 20.

Zestawienie średnich wyników uderności oraz bezwzględnych rozrzutów uderności dla badanych typów próbek stali A i B.



Ryc. 21.

Zestawienie średnich wyników uderności oraz bezwzględnych rozrzutów uderności dla badanych typów próbek stali C i D.

W Tabl. 5 zestawiono sumy procentowych bezwzględnych rozrzutów prób, podanych w Tabl. 4-tej. Sumy te zostały obliczone w ten sposób, że dla każdego pięciu wyników uderności wyznaczono ich średnią, od której obliczono procentowe odchyłki bezwzględne dla każdego wyniku z osobna. Sumy tych pięciu odchyłek podano w Tabl. 5-tej, osobno dla każdego gatunku stali i typu próbki. Średnia całkowita dla każdego typu próbki otrzymana ze sumowania rozrzutów poszczególnych stali charakteryzuje nam dany typ próbki.

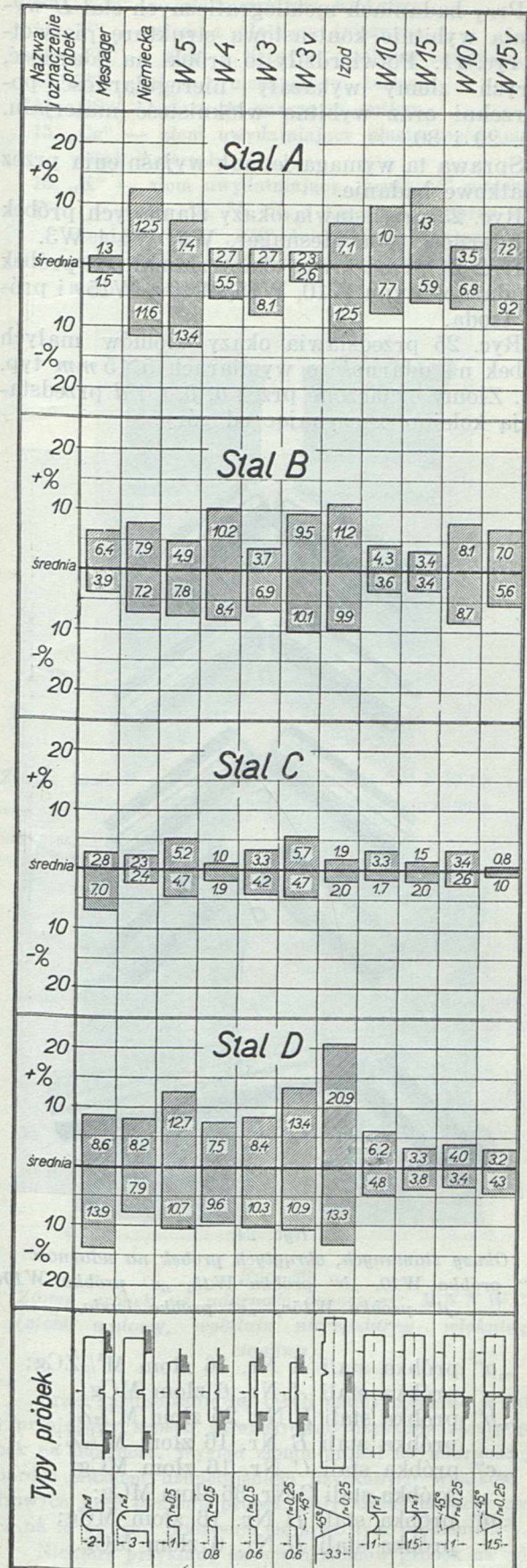
Od normalnej próbki na uderność powinniśmy wymagać między innymi małej rozbieżności wyników, uzyskanych przy próbkach jednego typu, pobranych z tego samego gatunku stali.

Podany w Tabl. 5 procentowy rozrzut bezwzględny próbek użytych do badań porównawczych ustala kolejność tych próbek wg. wzrastającego rozrztu:

- 1) próbka W10v 2,91%
- 2) próbka W15 2,99%
- 3) próbka W15v 3,15%
- 4) próbka Mesnager 3,31%
- 5) próbka W10 3,43%
- 6) próbka W4 3,91%
- 7) próbka W5 4,10%
- 8) próbka W3 4,13%
- 9) próbka W3v 4,61%
- 10) próbka niemiecka wg. DVM 4,71%
- 11) próbka Izoda 5,95%

TABELA 6. Zestawienie współczynników przeliczenia prób udarności.

| Nazwa próbki | Oznaczenie stali | Mesnager | Niemiecka normalna D. V. M. | Izod ¹⁾ |
|--|------------------|----------|-----------------------------|--------------------|
| Mesnager 10×10×55 mm | A | 1 | 0,88 | 0,66 |
| | B | 1 | 0,92 | 0,53 |
| | C | 1 | 0,87 | 0,67 |
| | D | 1 | 0,76 | 0,53 |
| Niemiecka normalna wg. D. V. M. 10×10×55 mm | A | 1,14 | 1 | 0,77 |
| | B | 1,09 | 1 | 0,57 |
| | C | 1,15 | 1 | 0,78 |
| | D | 1,31 | 1 | 0,69 |
| W 5 5×5×30 mm | A | 1,55 | 1,36 | 1,04 |
| | B | 1,49 | 1,38 | 0,79 |
| | C | 1,71 | 1,48 | 1,15 |
| | D | 2,09 | 1,59 | 1,10 |
| W 4 4×4×30 mm | A | 1,77 | 1,55 | 1,19 |
| | B | 1,70 | 1,57 | 0,90 |
| | C | 1,88 | 1,63 | 1,26 |
| | D | 2,59 | 1,98 | 1,36 |
| W 3 3×3×30 mm | A | 2,11 | 1,86 | 1,43 |
| | B | 1,81 | 1,67 | 0,96 |
| | C | 2,23 | 1,93 | 1,50 |
| | D | 3,16 | 2,41 | 1,66 |
| W 3 v 3×3×30 mm | A | 2,39 | 2,10 | 1,61 |
| | B | 2,08 | 1,92 | 1,10 |
| | C | 2,56 | 2,21 | 1,72 |
| | D | 3,63 | 2,76 | 1,90 |
| Izod ¹⁾ Φ11,43×L76 mm | A | 1,51 | 1,30 | 1 |
| | B | 1,89 | 1,74 | 1 |
| | C | 1,49 | 1,29 | 1 |
| | D | 1,90 | 1,45 | 1 |
| W 10 Φ 10×L 60 mm | A | 1,08 | 0,95 | 0,73 |
| | B | 1,17 | 1,08 | 0,62 |
| | C | 1,18 | 1,02 | 0,79 |
| | D | 1,67 | 1,27 | 0,88 |
| W 15 Φ 10×L 60 mm | A | 1,70 | 1,49 | 1,15 |
| | B | 1,37 | 1,26 | 0,72 |
| | C | 1,46 | 1,26 | 0,98 |
| | D | 1,95 | 1,48 | 1,02 |
| W 10 v Φ 10×L 60 mm | A | 1,68 | 1,47 | 1,13 |
| | B | 1,94 | 1,79 | 1,03 |
| | C | 1,44 | 1,25 | 0,97 |
| | D | 2,11 | 1,60 | 1,11 |
| W 15 v Φ 10×L 60 mm | A | 2,25 | 1,97 | 1,52 |
| | B | 2,50 | 2,30 | 1,32 |
| | C | 1,76 | 1,52 | 1,18 |
| | D | 2,63 | 2,00 | 1,38 |



Ryc. 22.

Zestawienie maksymalnych rozrzutów procentowych wyników prób udarności.

¹⁾ Podane w tych rubrykach współczynniki przeliczenia dotyczą wartości otrzymanych w kgm na próbkę.

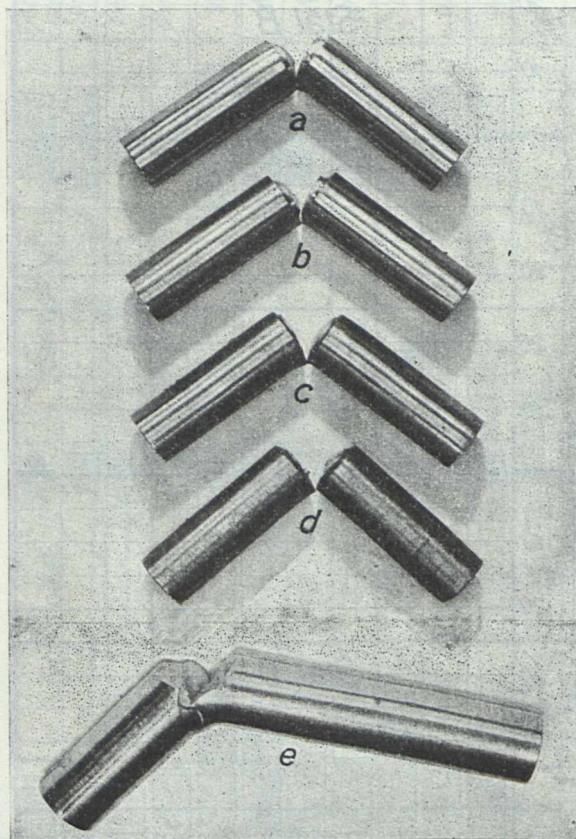
Przy badaniach metalograficznych stal *D* wykazała wybitnie kontrastową strukturę pierwotną, ryc. 11. Potwierdziły to próbki na udarność, których złomy wykazały nieregularność powierzchni oraz wybitną włóknistość materiału. Ryc. 29 i 30.

Sprawa ta wymaga jednak wyjaśnienia przez dodatkowe badanie.

Ryc. 23 przedstawia okazy złamanych próbek na udarność typu Mesnager, W5, W4 i W3.

Ryc. 24 przedstawia okazy złamanych próbek na udarność typu W10, W15, W10v, W15v i próbki Izoda.

Ryc. 25 przedstawia okazy złomów małych próbek na udarność o wymiarach 5×5 mm typ. W5. Złomy oznaczone przez *a*, *b*, *c* i *d* przedstawiają kolejno, zaczynając od góry:



Ryc. 24.

Okazy złamanych, okrągłych próbek na udarność „a” próbka W10, „b” próbka W15, „c” próbka W10v, „d” próbka W15v, „e” próbka Izoda.

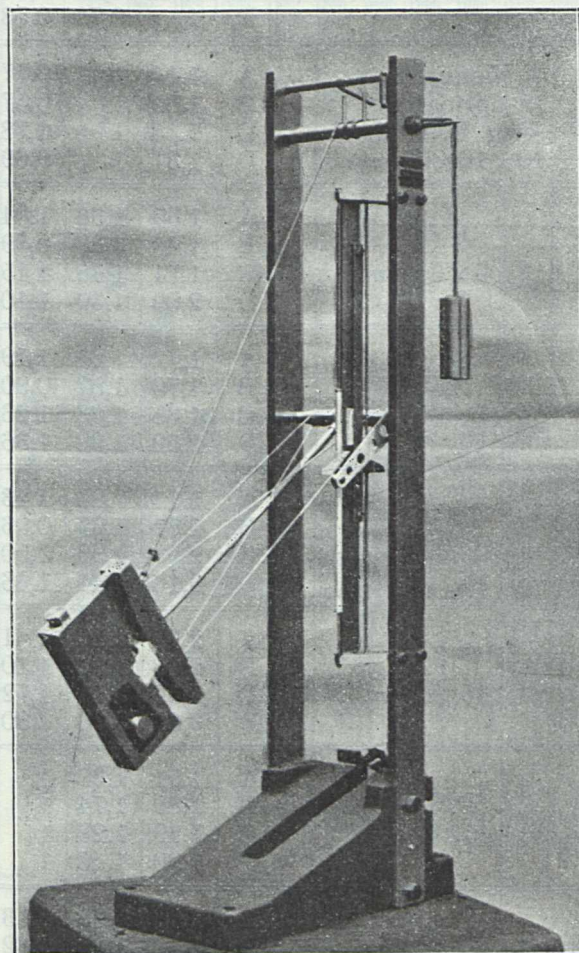
- „a” próbka stali A Nr. 16 złom $M^{1/3}ZCg$;
- próbka stali A Nr. 6 złom MCg ;
- „b” próbka stali B Nr. 26 złom $M^{1/2}Z$;
- próbka stali B Nr. 16 złom $M^{1/2}Z$;
- „c” próbka stali C Nr. 16 złom MCg ;
- próbka stali C Nr. 36 złom MCg ;
- „d” próbka stali D Nr. 16 złom MCg ;
- próbka stali D Nr. 6 złom MCg .

WNIOSKI.

Autor wykazuje, że w badaniach wielu materiałów i elementów konstrukcyjnych istnieje poważna luka spowodowana niemożnością zastosowania próby udarności ze względu na wymiary do-

tychczas stosowanych próbek normalnych. Badania porównawcze nad różnymi typami małych próbek zaprojektowanych przez autora zestawionych na ryc. 1 i 2 wskazują, że rozrzut wartości dla tych próbek może być utrzymany w tych granicach (Tabl. 5), jak dla próbek normalnych typu Mesnager, Izoda lub niemieckiej typu DVM. Zależy to od staranności wykonania próbek, jak w powyższym badaniu oraz doboru młota udarnowego.

Przy projektowaniu małych próbek na udarność wzięto pod uwagę możliwość przeprowadzenia badań również nad małymi próbkami



Ryc. 26.

Mały młot f. Amsler 4 i 7 kgm, do badań udarności.

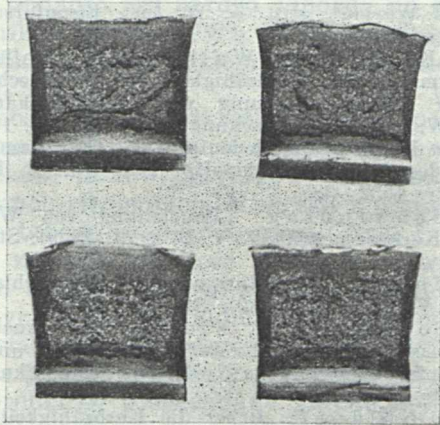
okrągłymi o różnych wymiarach i kształcie ryc. 2. Przed rozpoczęciem tych badań wykonano wstępne próby porównawcze nad próbkami okrągłymi o podanym kształcie: W10, W15, W10v i W15v. Wyniki tych badań wskazują, że rozrzut wartości udarności jest tego samego rzędu jak dla próbki typu Mesnager, zaś mniejszy od rozrzutu jaki wykazały próbki niemiecka i Izoda. Wskazuje to, że próbki okrągłe z karbem obwodowym mogą mieć równe możliwości stosowania, jak próbki kwadratowe. Za stosowaniem tych próbek przemawia również prostota ich wykonania w porównaniu z próbkami kwadratowymi. Na szczególne wyróżnienie zasługuje próbka W10v, która będzie przedmiotem dalszych badań na równi z małymi próbkami okrągłymi.

Objaśnienie do oznaczeń złomów próbek na udarność.

Przy badaniach próbek na udarność, których wyniki podano w Tabl. 3 i 4, zastosowano dodatkowo oznaczenia złomów próbek udarnościowych wg. tabeli opracowanej przez autora. Zastosowanie tej tabeli zostało omówione na VI. Zjeździe Inżynierów Mechaników Polskich¹⁾.

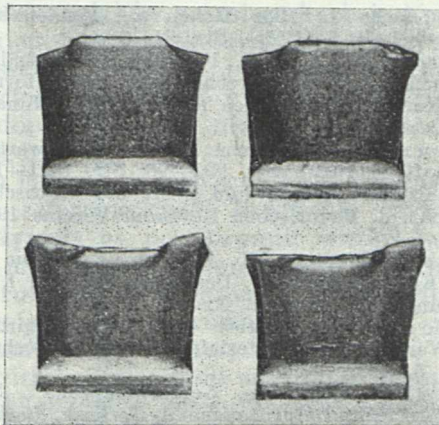
Symbole tabeli oznaczeń złomów próbek na udarność podano poniżej:

1. „M“ — złom matowy.
2. „MM“ — złom matowy wybitnie drobno-ziarnisty.
3. „Z“ — złom o drobnych ziarnach błyszczących.
4. „ZZ“ — złom o większych ziarnach błyszczących.



Ryc. 27.

Złomy próbek na udarność oznaczone: M 2/5Z, M 3/5Z (złomy matowe w 2/5 i 3/5 ziarniste).



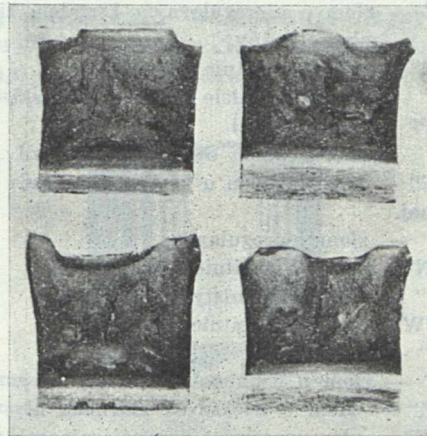
Ryc. 28.

Złomy próbek na udarność oznaczone: M Cg (złom matowy — ciągliwy).

5. „MZ“ — złom matowy o przeświecających drobnych ziarnach błyszczących. (złom matowo-ziarnisty).
6. „MZZ“ — złom matowy o przyswiecających większych ziarnach błyszczących.
7. „N“ — złom nieregularny.
8. „NN“ — złom wybitnie nieregularny.
9. „W“ — złom włóknisty.

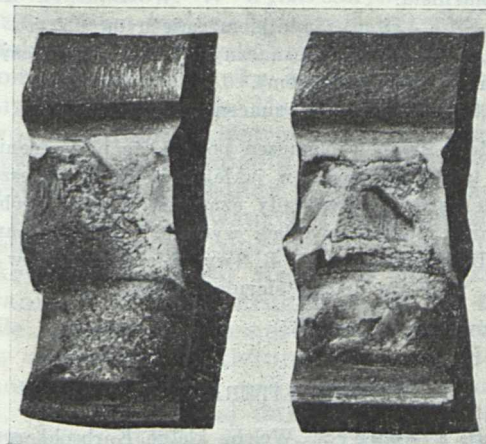
¹⁾ Inż. T. Włodek: „Próba pomocniczej oceny stali na podstawie złomu próbek wytrzymałościowych i technologicznych oraz zanieczyszczeń niemetalicznych“. Referat wygłoszony na VI. Zjeździe Inżynierów Mechaników Polskich w Warszawie w dniu 22. V. 1932 r.

10. „WW“ — złom wybitnie włóknisty.
11. „F“ — złom z płatkami śnieżnym.
12. „FF“ — złom z licznymi płatkami śnieżnymi.
13. „S“ — złom z nieznacznym żuzlem.
14. „SS“ — złom ze znacznym żuzlem.
15. „Cg“ — złom uwydatniający plastyczność (ciągliwość) materiału.
16. „K“ — złom uwydatniający „kruchość“ materiału.
17. ... — cyfry $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{4}$, $\frac{3}{4}$ i t. p. podane przy oznaczeniach „Z“, „ZZ“ lub „MZ“ oznaczają jaka część złomu matowego jest ziarnista względnie matowo-ziarnista.



Ryc. 29.

Złomy próbek na udarność oznaczone: M N W Cg (złom matowy, nieregularny, włóknisty, ciągliwy).



Ryc. 30.

Złomy próbek na udarność oznaczone: M N N W Cg (złom matowy, wybitnie nieregularny, włóknisty, ciągliwy).

Przez zastosowanie tej tabeli mamy możliwość w łatwy i przejrzysty sposób zarejestrować uzyskane złomy próbek na udarność. Wygląd złomu próbki na udarność jest bardzo ważnym uzupełnieniem uzyskanych wyników cyfrowych przy łamaniu próbek. Cały szereg badaczy zwraca na to uwagę i interesuje się żywo tym problemem²⁾.

Niektóre przykłady oznaczeń złomów próbek na udarność podają ryc. 27, 28, 29 i 30.

²⁾ Fettweis: „Die Brucharten des Stahles und die Bedeutung des Uebergangsbereiches der Kerbzähigkeit“ St. u. E. 49 (1929). Str. 1621—27.

Objaśnienia do oznaczeń złomów próbek na rozciąganie.

Wyniki badań próbek na rozciąganie podane w Tabl. 3-ej zostały dodatkowo uzupełnione oznaczeniami złomów. Oznaczenia tych złomów uskuteczono wg. „tabeli oznaczeń złomów próbek na rozciąganie“, opracowanej przez autora. Zastosowanie klasyfikacji złomów jako pomocniczej oceny stali zostało omówione na VI. Zjeździe Inżynierów Mechaników Polskich w Warszawie w r. 1932¹⁾.

Celem bliższego wyjaśnienia wprowadzonych oznaczeń, podano poniżej zestawienie zastosowanych symboli tabeli złomów:

1. „A“ — złom o regularnym kształcie kielicha.
2. „B“ — złom o nieregularnym kształcie kielicha.
3. „C“ — złom skośny.
4. „CC“ — złom wybitnie skośny.
5. „P“ — złom o kształcie kielicha z płaskim dnem.
6. „PP“ — złom płaski.
7. „G“ — złom z dnem o kształcie gwiazdy.
8. „GG“ — złom z dnem o kształcie gwiazdy nieregularnej.
9. „N“ — złom nieregularny.
10. „NN“ — złom wybitnie nieregularny.
11. „W“ — złom włóknisty.
12. „WW“ — złom wybitnie włóknisty.
13. „M“ — złom matowy.
14. „Z“ — złom o drobnych ziarnach błyszczących.
15. „ZZ“ — złom o większych ziarnach błyszczących.
16. „MZ“ — złom matowy o przeświecających drobnych ziarnach błyszczących (złom matowo-ziarnisty).
17. ... — Cyfry $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{4}$, $\frac{3}{4}$ i t. p. podane przy oznaczeniach „Z“, „ZZ“ lub „MZ“ oznaczają jaką część złomu matowego jest ziarnista względnie matowo-ziarnista.
18. „F“ — złom z płatkami śnieżnymi.
19. „S“ — złom z nieznacznym żużłem (zanieczyszczeniem niemetalicznym).
20. „SS“ — złom ze znacznym żużłem.

Podane symbole oznaczeń podaje się przy ocenie złomów w takiej kolejności, w jakiej je powyżej umieszczono. Charakterystyczne przykłady oznaczeń złomów próbek na rozciąganie, podano w tabeli wydanej przez Mechaniczną Stację Doświadczalną P. L. (wydanie pierwsze w maju r. 1932, wydanie drugie sierpień 1936).

Lwów, 1. lipiec 1936.

SPIS LITERATURY.

- F. P. Fischer: „Welche kleine Kerbschlagprobe?“ St. u. E. 48 (1928). Str. 541—47.
- F. Fettweis: „Die Brucharten des Stahles und die Bedeutung des Uebergangsbereiches der Kerbzähigkeit“, St. u. E. 49 (1929). Str. 1621—27.
- F. Fettweis: „Kerbzähigkeit“, Werkstoffhandbuch Stahl und Eisen, D. 1, Str. 1—5 (1932).
- R. Mailänder: „Zur Normung einer kleinen Kerbschlagprobe“, St. u. E. 55 (1935). Str. 749/54. Str. 779/86.
- R. Mailänder: „Internationale Vereinheitlichung der Probenform für Kerbschlagversuche“, St. u. E. 55 (1935). Str. 1456/58.

¹⁾ Inż. T. Włodek: „Próba pomocniczej oceny stali na podstawie złomu próbek wytrzymałościowych i technologicznych oraz zanieczyszczeń niemetalicznych“. Referat wygłoszony na VI. Zjeździe Inżynierów Mechaników Polskich w Warszawie w dniu 22. V. 1932 r.

W. Kuntze: „Kerbzähigkeit und statische Kennziffern“. Archiv Eisenhüttenwesen, 2 (1928/29). Str. 583—590.

F. Fettweis: „Die Kerbschlagprobe, Entwicklung und Kritik“. Archiv Eisenhüttenwesen, 2 (1928/29). Str. 625—74.

A. Krüger: „Die Alterung der Werkstoffe“. Archiv Eisenhüttenwesen, 3 (1929/30). Str. 721—30.

G. Schmidt: „Einfluss der im technischen Eisen enthaltenen Verunreinigungen auf die Kerbzähigkeit“, Archiv Eisenhüttenwesen, 8 (1934/35). Str. 263—67.

E. Dobinsky, H. Hanemann: „Einfluss von Wärmebehandlungen zwischen A_1 u. A_3 auf Gefüge und Kerbschlagzähigkeit kohlenstoffarmen Flusstahls“, Archiv Eisenhüttenwesen, 9 (1935/36). Str. 359—66.

Fr. Körber, A. Pomp: „Einfluss der Vorbehandlung auf die Kerbzähigkeit des Flusseisens in der Kälte und Wärme“, Mitt. K. W. Inst. Eisenforschung 7 (1925). Str. 33—43.

Fr. Körber, K. Wallmann: „Einfluss der Probenform auf die Kerbzähigkeit von Grobblechen verschiedener Zusammensetzung und Wärmebehandlung“, Mitt. K. W. Inst. Eisenforschung 12 (1930). Str. 193—202.

P. Ludwik: „Die Bedeutung des Gleit- und Reisswiderstandes für die Werkstoffprüfung“, Z. V. D. I. 71 (1927). Str. 1532—38.

W. Schwinnig: „Beurteilung von Werkstoffen nach Kerbversuchen“, Z. V. D. I. 73 (1929). Str. 321—329.

M. Moser: „Zur Normung des Kerbschlagversuches“, Z. V. D. I. 76 (1932). Str. 257—261.

W. Schwinnig, F. Fischer: „Versuche über den Einfluss der Temperatur auf Kerbzähigkeit und Härte von Aluminiumlegierungen“, Zeitschr. Metallkunde 22 (1930). Str. 1—7.

W. A. Güldner: „Ueber die Kerbzähigkeit einiger Aluminiumlegierungen, insbesondere bei tiefen Temperaturen“, Zeitschr. Metallkunde 22 (1930). Str. 257—68, Str. 412—16.

F. Sauerwald: „Das Auftreffen des Hammers beim Kerbschlagversuch“, Zeitschr. Metallkunde 24 (1932). Str. 6.

M. Rudeloff: „Das Eichen von Pendelschlagwerken“, Messtechnik 5 (1929). Str. 31—38.

R. Mailänder, F. P. Fischer: „Verhältniszahlen zwischen denen mit verschiedenen Probenformen erreichten Kerbzähigkeitszahlen“, Kruppsche Monatsh. 10 (1929). Str. 99—102.

W. Kuntze: „Kritische Kerbzähigkeitswerte“, Metallwirtschaft 8 (1929). Str. 992—98, Str. 1011—17.

K. Baatz: „Wesen und Wert der Kerbschlagprobe“, Zeitschr. d. Bayerischen Revisions-Vereins 1931, Str. 1—7.

W. Schwinnig, K. Matthaes: „Die Bedeutung der Kerbschlagprobe“, Deutscher Verband f. d. Materialprüfungen d. Technik. Nr. 78.

E. Honegger: „Ueber die Kerbschlagprobe“, Schweiz. Verband f. d. Materialprüfungen d. Technik. Bericht. Nr. 5, 1927.

M. Roš: „Ueber die Kerbschlagprobe“, Schweiz. Verband f. d. Materialprüfungen d. Technik. Bericht. Nr. 5, 1927.

J. Bartel: „Zur Frage der Kerbzähigkeit des Schienenwerkstoffes“, III. Internationale Schienentagung. Str. 107—114. Budapest 1935.

H. Holdt: „Die Kerbschlagbiegeprobe und ihre Versuchsbedingungen“, Veröffentl. d. Zentralverbandes Preuss. Dampfkessel-Ueberw.-Vereine Bd. VII. Str. 5—66.

K. Baatz: „Versuche zur Ermittlung von Verhältniszahlen zwischen Kerbzähigkeitswerten bei verschiedenen Probeabmessungen“, Veröffentl. d. Zentralverbandes Preuss. Dampfkessel-Ueberw.-Vereine Bd. VII. Str. 71—87.

E. Starck: „Die Entwicklung und der heutige Stand der Kerbschlagprobe“, Sonderabdruck aus den „H. D. I. Mitteilungen des Hauptvereines deutscher Ingenieure in der Tschechoslowakischen Republik“, 1933.

E. Schneider: „Ueber die Kerbschlagprobe bei Schweisstahl“, Mitt. aus den Forschungsanstalten Gutehoffnungshütte 2 (1933). Str. 99—107.

Inż. MARJAN POPIEL

Mechaniczna Stacja Doświadczalna P. L.

Wzgórki na miseczkach z niklomiedzi i sposoby ich uniknięcia^{*)}.

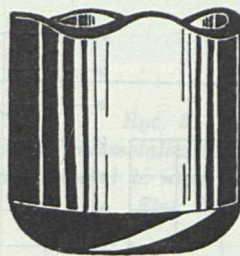
I. Niklomiedź, stop miedzi z niklem¹⁾ znajduje zastosowanie przy wyrobie elementów drogą głębokiego ciągnięcia, w szczególności dla płaszczy pocisków karabinowych. Materiał ten odznacza się dużą zdolnością do zimnej przeróbki plastycznej, ponadto jest bardzo odporny na działanie czynników korodujących. W Polsce stosowano do powyższych celów niklomiedź o składzie 80% Cu i 20% Ni.

Trudności, jakie podkreśla się przy przeróbce tego materiału tkwią w powstawaniu wzgórek (rozków, fałdów, języczków) na miseczkach i na dalszych elementach. Miseczka z niklomiedzi wykazuje takich wzgórek cztery. Ryc. 1. Wielkość ich zmienia się dość znacznie, nawet dla materiału o takim samym składzie chemicznym, wykonanym przez jedną hutę dla różnych partyj. Powstawanie tych wzgórek jest bezsprzecznie, tak z punktu widzenia ekonomii, jak i dalszej przeróbki — niepożądane. Odpad materiału jest znaczniejszy, niż przy równych brzegach miseczki. Ponadto obcinki na gotowym elemencie muszą być większe ze względu na obawę powstawania w dolinkach fałdów nieznacznych pęknięć, stwierdzonych niejednokrotnie w praktyce. Występowanie wzgórek na miseczkach jest również wskaźnikiem gorszej jakości blachy użytej do wyrobu miseczek. Zdolność do głębokiego tłoczenia oraz wartość wgłębienia przy próbie Erichsena są prawdopodobnie tem niższe im większe powstałe wzgórki²⁾.

Celem badań, których wyniki są podane w niniejszym referacie, było określenie czynników, jakie wpływają na powstawanie wzgórek, oraz podanie możliwości ich uniknięcia w praktycznych warunkach wykonania. Przy badaniu tego zagadnienia określono również związek pomiędzy własnościami wytrzymałościowymi blach, a mechanizmem tworzenia wzgórek na miseczkach. Jakkolwiek w obecnym czasie stosowanie surowców staje się coraz bardziej ograniczone — zagadnienie wzgórek i ich związek z własnościami mechanicznymi oraz strukturą metalu opracowane dla przykładu niklomiedzi, posiada również znaczenie ogólne.

Wzgórki, powstające w miseczkach metalowych przy głębokim ciągnięciu są zjawiskiem regularnym. Położenie wzgórek zależy od układu strukturalnego metalu i może być rozmaite. Zazwyczaj powstają cztery wzgórki — z tych dwa w kierunku prostopadłym, dwa w kierunku rów-

noległym do kierunku walcowania lub pod kątem 45° do kierunków poprzednich. Tak jest dla metali, które krystalizują się w układzie regularnym płaskocentrycznym. Stosując cynk, tworzący kryształy w układzie sześciokątnym, można za pomocą specjalnego walcowania wyprodukować materiał o układzie skierowanym, który charakteryzuje się trzema parami wzgórek na miseczkach.



Ryc. 1.

Wygląd miseczki z niklomiedzi z 4-ma wzgórkami.

Powstawanie wzgórek tłumaczą zgodnie wszyscy badacze³⁾ odpowiednio skierowanym układem kryształów. W wyżarzonym i bardzo drobnoziarnistym materiale można otrzymać wypadek tak różnego ułożenia kryształów, że w każdym pomyślanym kierunku otrzymamy tę samą częstotliwość ich ułożenia. Materiał jest różnokierunkowo jednorodny (izotropowy). Taki materiał przy głębokim ciągnięciu nie wykaże wzgórek. Jest to wypadek jednak wyjątkowy. Zazwyczaj w blachach walcowanych i rekrystalizowanych istnieją kierunki uprzewilejowanego położenia kryształów metalu względem płaszczyzny walcowania. Z układem strukturalnym zaś łączy się ściśle zmienność własności wytrzymałościowych w zależności od kierunku. Innymi słowy, niejednorodność układu pod względem strukturalnym, która najłatwiej daje się wykryć analizą rentgenograficzną, łączy się ściśle z anizotropowością pod względem własności mechanicznych. Ta zaś stanowi przyczynę nierównego ciągnięcia się miseczki i powstawania wzgórek. Metoda wykonania miseczek, kształt narzędzi posiadają znikomą wpływ na skłonność do tworzenia się wzgórek.

Orientacja kryształów stanowi zatem głównie o charakterze i wielkości powstających wzgórek. Dla metali, które krystalizują w układzie regularnym płaskocentrycznym powstają wzgórki w kierunku prostopadłym i równoległym do kierunku walcowania, o ile układ kryształów jest taki, że przeważają powierzchnie sześciokątności o krawędziach równoległych do powierzchni blachy i kierunku walcowania. Wystę-

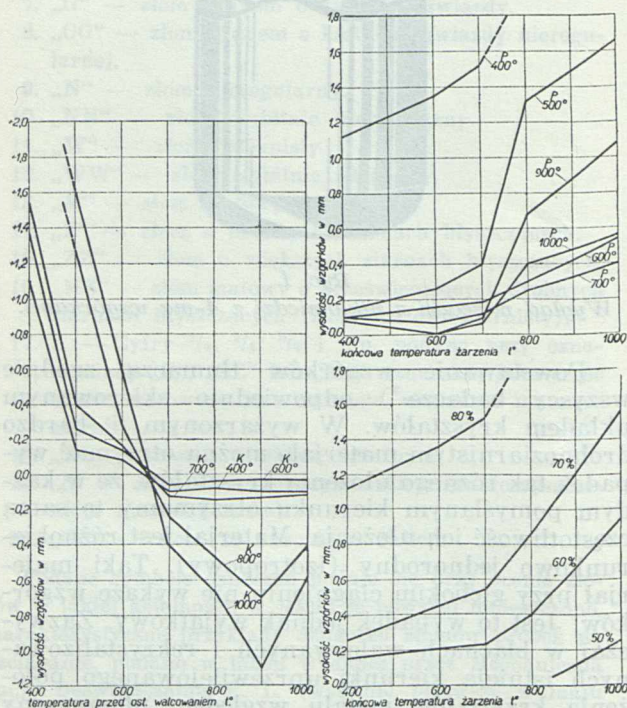
^{*)} Referat wygłoszony na VIII. Zjeździe Inż. Mech. Polskich w Katowicach 1934 r.

¹⁾ Inż. Aleksander Krupkowski: Badania nad stopami niklu z miedzią. Wyd. nakł. Akademii Nauk Technicznych w r. 1928.

²⁾ Göler, Frh. v. u. Sachs. Z. Physik Bd. 56 (1929) S. 495—502.

³⁾ Praktische Metallkunde von Georg Sachs. Zweiter Teil. S. 74—80. Berlin 1934.

powanie wzgórek pod kątem 45° tłumaczy się przewagą w płaszczyźnie walcowania płaszczyzn ośmiościanu⁴⁾. O układzie oraz orientacji kryształów danego metalu stanowią w pierwszej mierze dwa zasadnicze czynniki: zgniot i temperatura żarzenia. Działanie zgniotu jest różne zależnie od jego wielkości⁵⁾. Przy zgniotach o wielkości do około 40% następuje poślizg kryształów w płaszczyznach ośmiościanów, powyżej tego zgniotu rozdział kryształów na poprzeczne pasy. Silny zgniot powyżej 80% wywołuje regularnie skierowany układ kryształów tak, że prawie wszystkie kryształy posiadają określoną powierzchnię rekrytalizacyjną, równoległą do powierzchni walcowania. Działanie temperatury wyżarzania w zależności od uprzednio zastosowanego zgniotu jest różne. Poniżej pewnej temperatury



Ryc. 2 a-c.

Wielkości i potożenie wzgórek na miseczkach z miedzi w zależności od temperatury pośredniego i końcowego żarzenia oraz wielkości zgniotu wg. Kaisera⁴⁾.

krytycznej wyżarzanie nie może zmienić zasadniczego układu. Zmiana tegoż może nastąpić dopiero przy temperaturze rekrytalizacji i powyżej. Za Glockerem i Widmanem⁶⁾ możemy rozróżnić metale o trzech różnych formach układu kryształów podczas przebiegu rekrytalizacji:

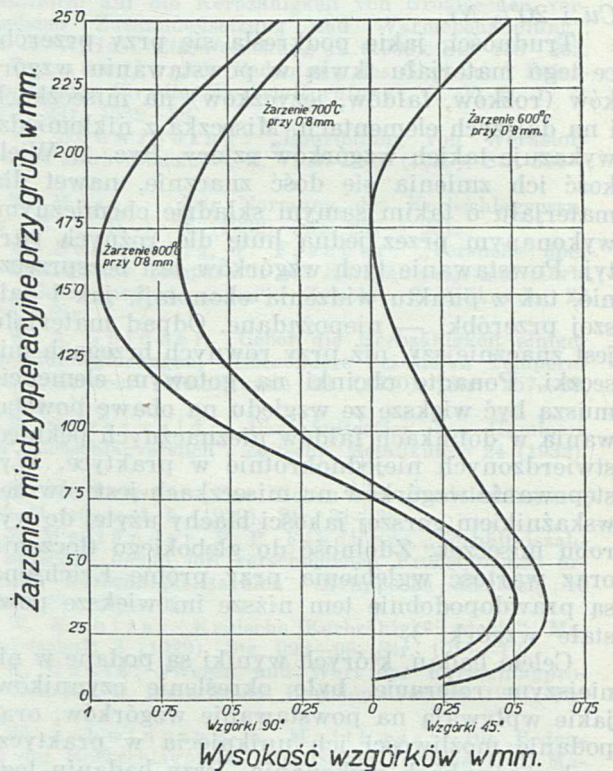
1. metale po zimnej obróbce plastycznej, które rekrytalizują natychmiast, albo po pewnym czasie w nowym układzie różnym pod względem

kierunku od wynikającego z walcowania, przy czym układ ten może być zmieniony przez żarzenie w wysokich temperaturach bliskich punktu topliwości.

2. Metale po zimnej obróbce plastycznej, które rekrytalizują z przypadkowym ułożeniem kryształów, stałym, aż do punktu topliwości. Podczas podwyższenia temperatury nie uzyskujemy regularnej orientacji kryształów.

3. Metale po zimnej obróbce plastycznej, które po wyżarzeniu wykazują natychmiast regularną orientację kryształów bez przejściowej formy rekrytalizacyjnej.

Ta prosta klasyfikacja nie jest w stanie jednak ująć ściśle tak skomplikowanego zagadnie-



Ryc. 3.

Wielkość wzgórek na miseczkach z niklomiedzi w zależności od wielkości zgniotu i temperatury końcowego żarzenia wg. Basseta i Bradley'a⁷⁾.

nia, jakie stanowi studjum właściwości kierunkowych oraz mechanizmu tworzenia się wzgórek. Poza niewątpliwie zasadniczymi czynnikami, omówionymi powyżej, istnieje cały szereg innych, które w małym stopniu albo wcale nie były brane w badaniach poszczególnych autorów pod uwagę. Czynniki te stanowią: charakter, ilość i rozkład zanieczyszczeń oraz fazy poprzedniego wyrobu metalu, jak odlew, przeróbka gorąca i żarzenia międzyoperacyjne. Jakkolwiek praktycznie sprawa uniknięcia wzgórek na miseczkach, dla różnych metali w wielu warsztatach została pomyślnie rozwiązana — teoretycznie rezultat jest w dalszym ciągu niezadowolający. W praktyce zaś zdarzają się niejednokrotnie wypadki, że pomimo napozór opanowanego zjawiska występują niespodzianki, wynikające z niedostatecznego ujęcia wszystkich czynników.

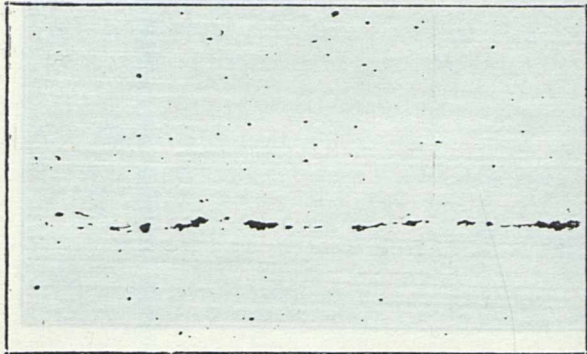
⁴⁾ Ing. K. Kaiser: Die Entstehung von unebenen Rändern an Hohlkörpern aus Kupferblech. Z. f. Metallkunde 1927 S. 435—437.

⁵⁾ G. Tammann und H. H. Meyer: Über die Kristallorientierung in Abhängigkeit vom Walzgrade beim Kupfer. Z. f. Metallkunde 1927, s. 82—84.

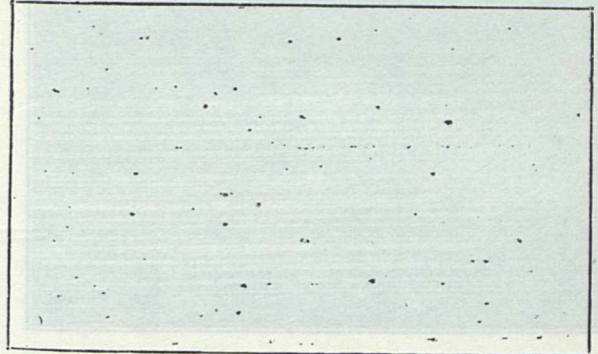
⁶⁾ R. Glocker und H. Widmann: Untersuchungen über den Rekristallisationsvorgang bei Silber, Kupfer und Aluminium. Zeitschrift für Metallkunde, 1927. S. 41—43.

TABLICA V.

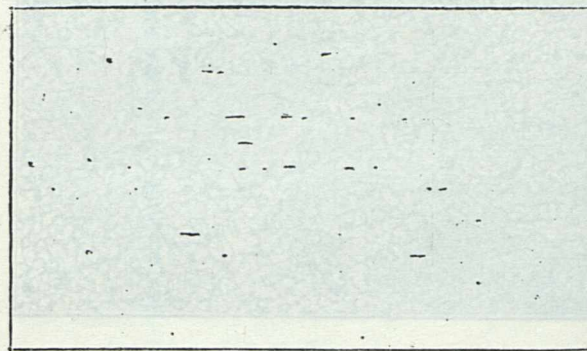
Zdjęcia makro- i mikroskopowe do art. Inż. T. Włodka, p. t.
„Badania nad dobrorem kształtu małej próbki na udarność“.



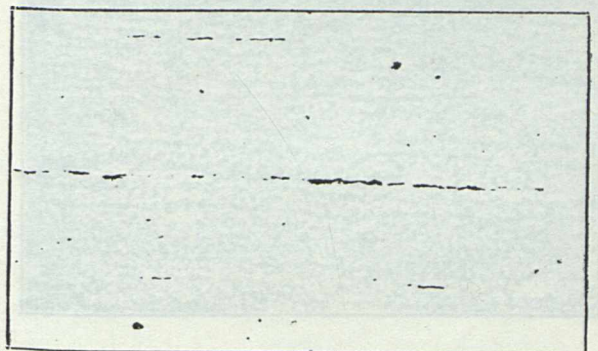
nietr. Ryc. 4*). pow. = 50
Zanieczyszczenia niemetaliczne IIDD + INP. b. nie-
liczne, b. drobne + b. nieliczne, normalne, podłużne.
Stal A.



nietr. Ryc. 5. pow. = 50
Zanieczyszczenia niemetaliczne VDD + ID b. liczne,
b. drobne + b. nieliczne, drobne.
Stal B.



nietr. Ryc. 6. pow. = 50
Zanieczyszczenia niemetaliczne IIIDD. Przekiętne,
b. drobne.
Stal C.



nietr. Ryc. 7. pow. = 50
Zanieczyszczenia niemetaliczne IIIDD + IDP. Nie-
liczne, b. drobne + b. nieliczne, drobne, podłużne.
Stal D.



Oberhoffer. Ryc. 8. pow. = 5
Struktura pierwotna, jednokierunkowa — widoczna.
Stal A.



Oberhoffer. Ryc. 9. pow. = 5
Struktura pierwotna, jednokierunkowa — wyraźna.
Stal B.

*) Oznaczenia zanieczyszczeń niemetalicznych przeprowadzono wg. tabeli oznaczeń Inż. T. Włodka, podanej w Publikacjach M. S. D. P. L. r. 1935.

TABLICA VI.

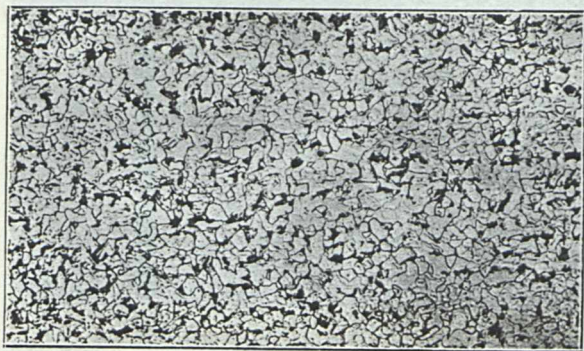
Zdjęcia makro- i mikroskopowe do art. Inż. T. Włodka, p. t. „Badania nad doborem kształtu małej próbki na udarność“.



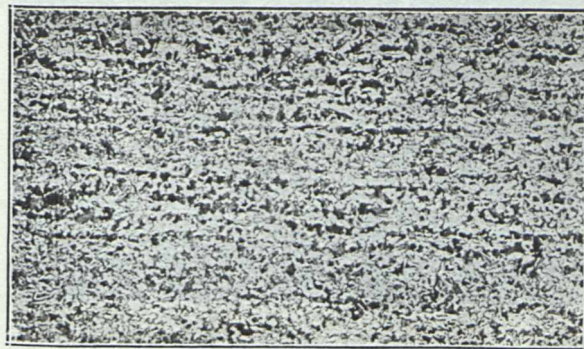
Oberhoffer. Ryc. 10. pow. = 5
Struktura pierwotna, jednokierunkowa — wyraźna.
Stal C.



Oberhoffer. Ryc. 11. pow. = 5
Struktura pierwotna, jednokierunkowa — kontrastowa
Stal D.



Kw. azot. Ryc. 12. pow. = 100
Struktura drobnoziarnista. Ferryt i perlit na grani-
cach ziarn.
Stal A.



Kw. azot. Ryc. 14. pow. = 100
Struktura drobnoziarnista. Ferryt z perlitem two-
rzy miejscowe, pasemkowe ugrupowanie.
Stal B.



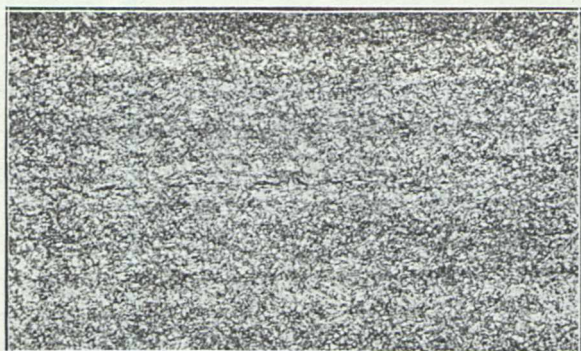
Kw. azot. Ryc. 13. pow. = 500
Struktura drobnoziarnista. Ferryt i perlit na grani-
cach ziarn przy miejscowym, pasemkowym ugrupo-
waniu.
Stal A.



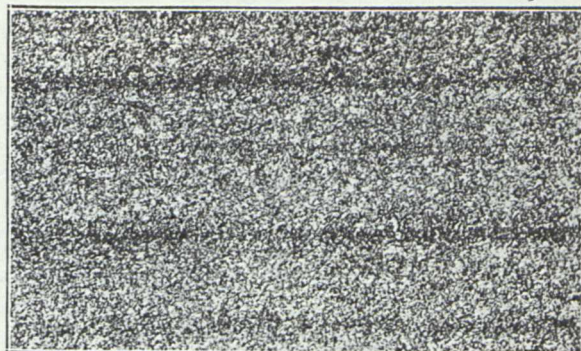
Kw. azot. Ryc. 15. pow. = 500
Struktura drobnoziarnista. Ferryt z perlitem tworzy
miejscowe, pasemkowe ugrupowanie.
Stal B.

TABLICA VII.

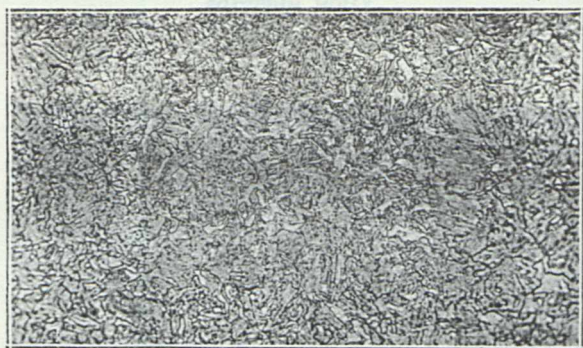
Zdjęcia makro- i mikroskopowe do art. Inż. T. Włodka, p. t. „Badania nad doбором kształtu małej próbki na udarność“.



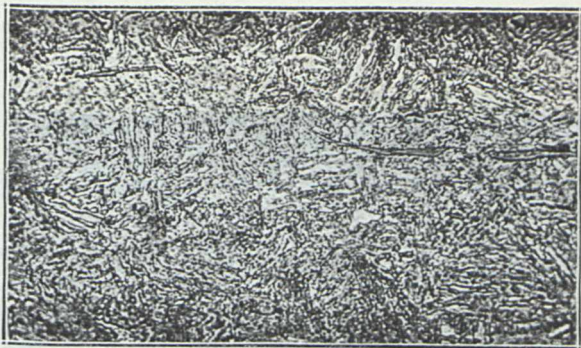
Kw. azot. Ryc. 16. pow. = 100
Sorbit. Pasma niejednorodne, słabo widoczne.
Stal C.



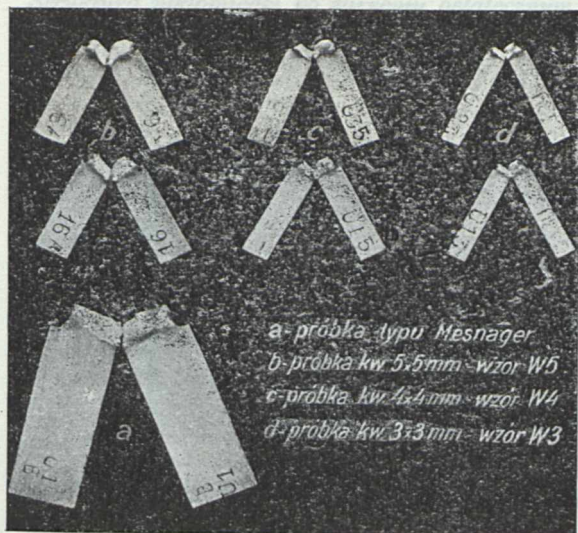
Kw. azot. Ryc. 18. pow. = 100
Sorbit. Pasma niejednorodne, wyraźne.
Stal D.



Kw. azot. Ryc. 17. pow. = 500
Sorbit.
Stal C.

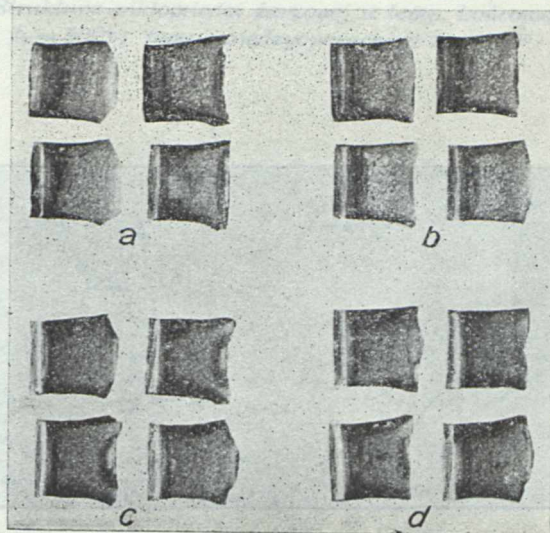


Kw. azot. Ryc. 19. pow. = 500
Sorbit.
Stal D.



a - próbka typu Mesnager
b - próbka kw. 5,5 mm - wzór W5
c - próbka kw. 4,4 mm - wzór W4
d - próbka kw. 3,3 mm - wzór W3

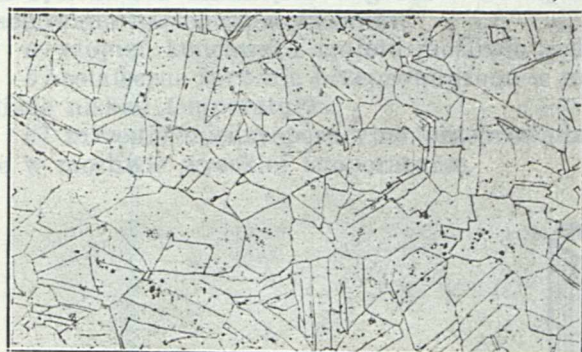
Ryc. 23.
Okazy złamanych, kwadratowych próbek na udarność.



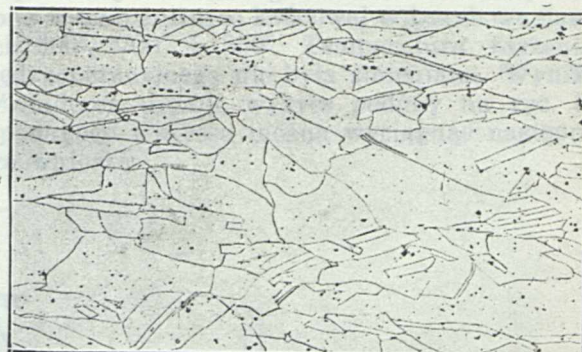
Ryc. 25. Pow. = 2.
Okazy złomów małych próbek na udarność 5x5 mm typ. W5.

TABLICA VIII.

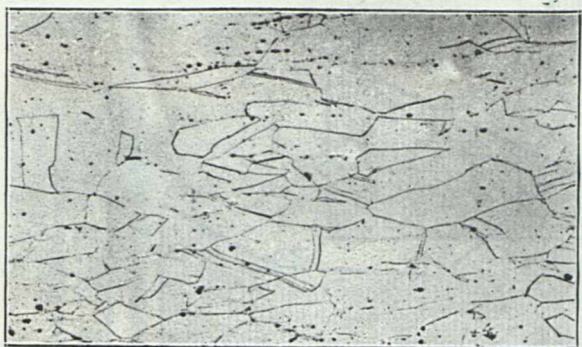
Zdjęcia mikroskopowe do art. Inż. M. Popiela, p. t. „Wzgórki na miseczkach z niklomiedzi i sposoby ich uniknięcia“



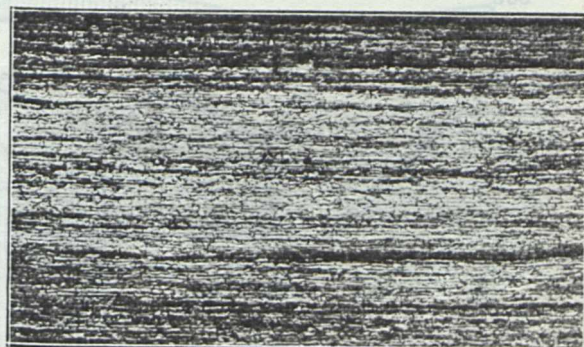
nadsiarcz. amon. Ryc. 11. pow. = 100
Struktura taśmy niklomiedzi 1,6 mm po pośrednim
żarzeniu 950°.



nadsiarcz. amon. Ryc. 12. pow. = 100
Struktura niklomiedzi po zgnioście 25%.



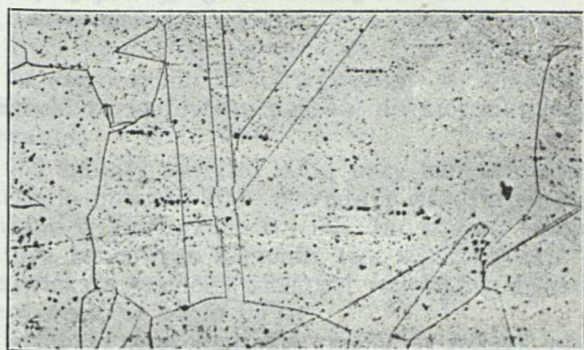
nadsiarcz. amon. Ryc. 13. pow. = 100
Struktura niklomiedzi po żarzeniu ostatecznym
 $t_k = 500^\circ$.



nadsiarcz. amon. Ryc. 14. pow. = 100
Struktura niklomiedzi żarzonej w temp. końcowej
 $t_k = 500^\circ$; temp. międzyoperacyjna $t_p = 600^\circ$.



nadsiarcz. amon. Ryc. 15. pow. = 500
Struktura niklomiedzi jak ryc. 14 przy pow. 500.



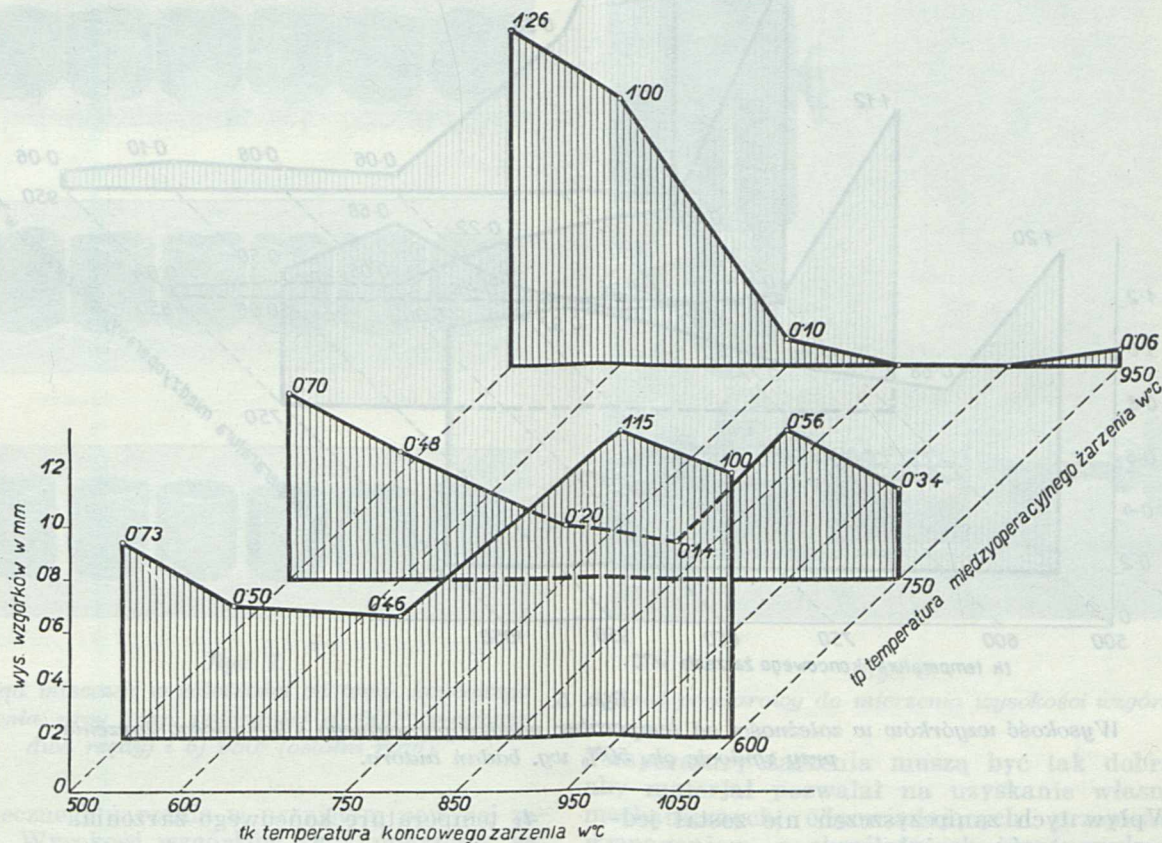
nadsiarcz. amon. Ryc. 16. pow. = 100
Struktura niklomiedzi żarzonej w temp. końcowej
 $t_k = 1050^\circ$; temp. międzyoperacyjna $t_p = 600^\circ$.

Znane nam studia nad powstawaniem wzgórków są stosunkowo nieliczne. Na szczególne wyróżnienie zasługują dwie prace, które pokrótce omówimy:

1. Praca K. Kaisera ⁴⁾. Autor badając wpływ różnych czynników na wielkość powstających wzgórek na miseczkach z miedzi doszedł do wniosków, które wynikają z wykresów podanych na ryc. 2. Dla uniknięcia wzgórek muszą być zachowane następujące warunki:

- a) stopień końcowego zgniotu możliwie niski;
- b) ostateczne żarzenie przeprowadzone w możliwie niskiej temperaturze;
- c) żarzenie międzyoperacyjne przeprowadzone w możliwie wysokiej temperaturze.

o grubości 25 mm walcowano zimnemi zgniotami do następujących grubości: 18, 35—14, 75—11,50 — 9, 20 — 7,50 — 6,00 — 4,75 — 3,75 — 2,25 — 1,75 — 1,13 — 0,80 mm. Zmieniono punkt żarzenia międzyoperacyjnego od grubości początkowej aż do końcowej, uzyskując w ten sposób jako zmienny czynnik wielkość ostatecznego zgniotu. Jako drugi czynnik zmienny obrano temperaturę ostatecznego żarzenia. Blachy żarzone w temperaturze końcowej w trzech warjantach 600°, 700° i 800°. Temperatura żarzenia międzyoperacyjnego nie była zmieniana. Wyniki doświadczeń ujmuje wykres podany na ryc. 3. Z podanego wykresu można wyciągnąć następujące wnioski:



Ryc. 4.

Wysokość wzgórek w zależności od temperatur międzyoperacyjnego i końcowego żarzenia przy zgniocie 25% wg. badań autora.

Autor w pracy swojej podkreśla znaczenie temperatury pośredniego żarzenia. Przy temperaturach międzyoperacyjnego żarzenia poniżej temperatury krytycznej uzyskuje się wzgórki zorjentowane pod kątem 45°. W temperaturach powyżej 650° położenie wzgórek przesuwa się na kierunki 0 i 90°. Zmiany te są ściśle związane z układem płaszczystym rekryystalizacyjnej wobec płaszczysty walcowania.

2. Praca Basseta i Bradley'a ⁷⁾ *) Autorzy wykonali następujące badania: płyty niklomiedzi

a) zgnioty do 90° wywołują w materiale wzgórki zorjentowane pod 45° do kierunku walcowania;

b) zgnioty powyżej 90°, przy temperaturach żarzenia powyżej 700°, powodują wzgórki zorjentowane w kierunkach 0 i 90°. Im wyższa temperatura końcowego żarzenia, tem wyższe rozki. — Największa wartość wielkości wzgórek wypadła przy zgniocie około 95°;

c) przy zgniotach powyżej 90° jednak przy temperaturach żarzenia 600° i poniżej wzgórki wypadają stale pod 45°.

Wynik ostatni pozwala na wyciągnięcie dalszego wniosku, że metal żarzony przy 600° nie tworzy wzgórek 90° ze względu na nieosiągnięcie dostatecznie wysokiej temperatury, któraby

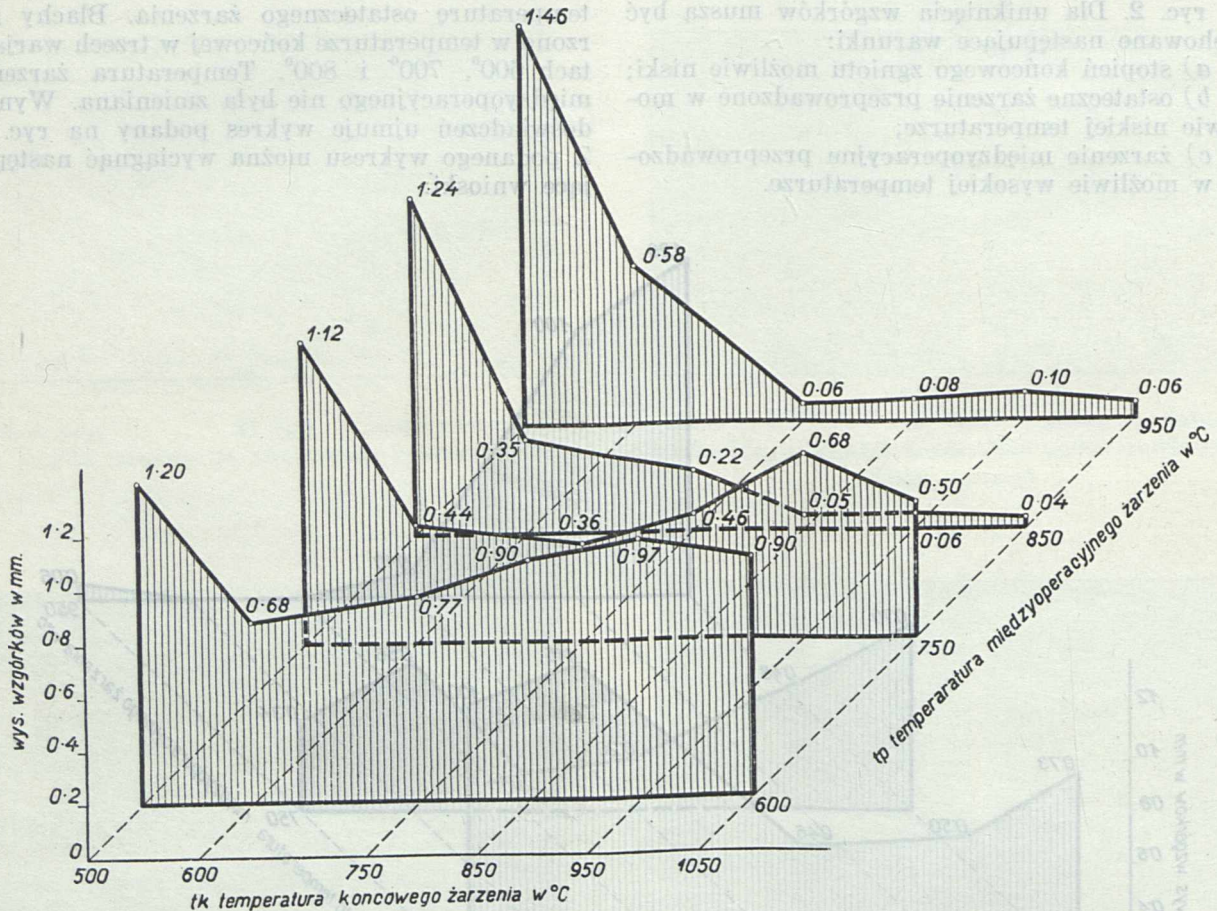
⁷⁾ Basset — Bradley: Trans. Amer. Inst. min. metallurg. Engr. Inst. Met. Div. 1933, S. 181—193.

*) Praca pow. autorów nie była znana podczas opracowywania niniejszego tematu.

usunęła kierunkowość, powstała naskutek tylko mechanicznej przeróbki. Wzgórki pod kątem 45° powstają zatem przy wszystkich wielkościach zgniotu, o ile żarzenie było w temperaturze niższej od temperatury krytycznej. Dalsze wyniki badań autorów wykazują, że na wysokość wzgórków wpływają w silnym stopniu zanieczyszcze-

naniu fabrycznym dla powyższego materiału nie stosowano większych zgniotów jak 50%, ograniczono się w naszych badaniach tylko do powyższych dwu zgniotów. Jako czynniki zmienne obrano:

t_p temperaturę pośredniego przedostatniego żarzenia oraz



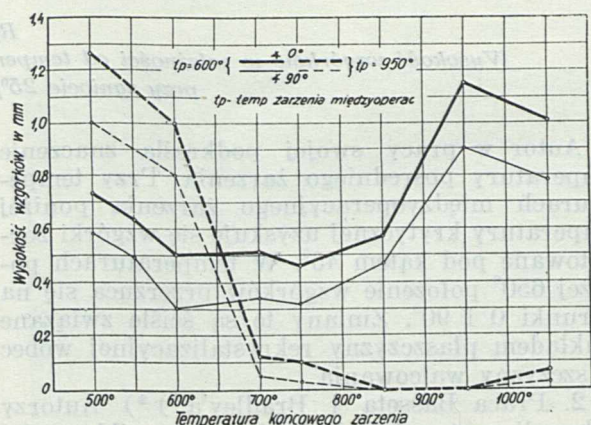
Ryc. 5.

Wysokość wzgórków w zależności od temperatur międzyoperacyjnego i końcowego żarzenia przy zgniocie ok. 50% wg. badań autora.

nia. Wpływ tych zanieczyszczeń nie został jednak przez autorów wyjaśniony.

II. A. Badania własne miały na celu określenie tych czynników, które pozwalają na uniknięcie wzgórek na miseczkach z niklomiedzi, w praktycznych warunkach wykonania. Do badań użyto płyty niklomiedzi o zawartości 80% Cu i 20% Ni. Grubość płyt wynosiła 25 mm. Zastosowano dwa rodzaje walcowania gorącego, aby uzyskać końcowe zgnioty około 25% i około 50%. W pierwszym wypadku płyty walcowano na gorąco do grubości 2,8 mm, następnie dwoma zimnymi zgniotami do 1,6 i 1,2 mm stosując żarzenie międzyoperacyjne przy grubości 1,6 mm. Końcowy zgniot wynosił 25%. W drugim wypadku walcowano materiał na gorąco do grubości 5 mm, a następnie zastosowano dwa zimne zgnioty na 2,5 i 1,2 mm przy żarzeniu pośrednim przy grubości 2,5 mm. Zgniot końcowy w tym wypadku wynosił 52%. Ze względu na to, że w wyko-

t_k temperaturę końcowego żarzenia.

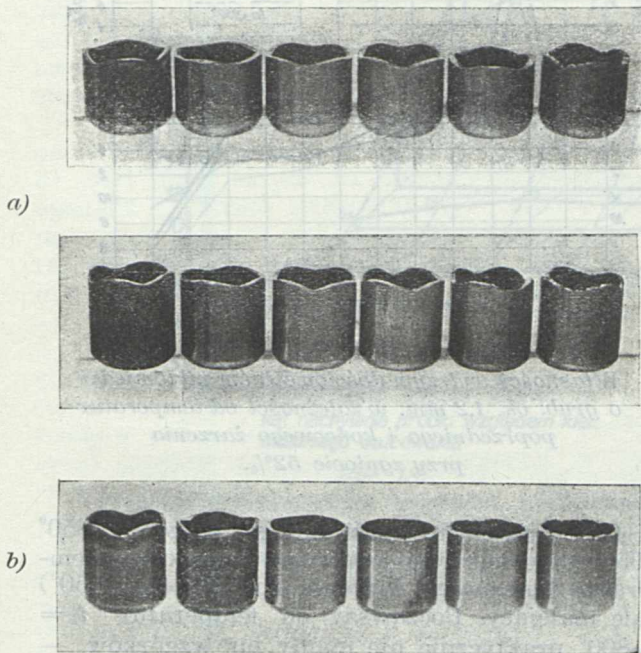


Ryc. 6.

Wysokość wzgórek względem dolinek pod kątami 0° i 90° w zależności od temperatury końcowego żarzenia, dla temperatury pośredniego żarzenia $t_p = 600^\circ$ i $t_p = 950^\circ$.

Materiał po gorącym walcowaniu nie był homogenizowany. Temperatury zmieniano w zakresie t_p od 600—950°, t_k od 500 do 1050°. Ryc. 4 i 5 przedstawiają wyniki pomiarów wysokości wzgórek jako funkcję: wysokość wzgórka $h_0 = f(t_p, t_k)$ przy stałym zgnioście. Dla poszczególnych temperatur pośredniego żarzenia 600°, 750°, 850° i 950° po zwalcowaniu taśmy do ostatecznej grubości zastosowano temperatury końcowego żarzenia: 500°, 600°, 750°, 850°, 950° i 1050°, dla powyższych dwu obranych wielkości zgniotów 25% i 52%. Czas żarzenia przyjęto 2 godziny po uzyskaniu żądanej temperatury. Uzyskano przeto wszystkie kombinacje temperatur pośredniego

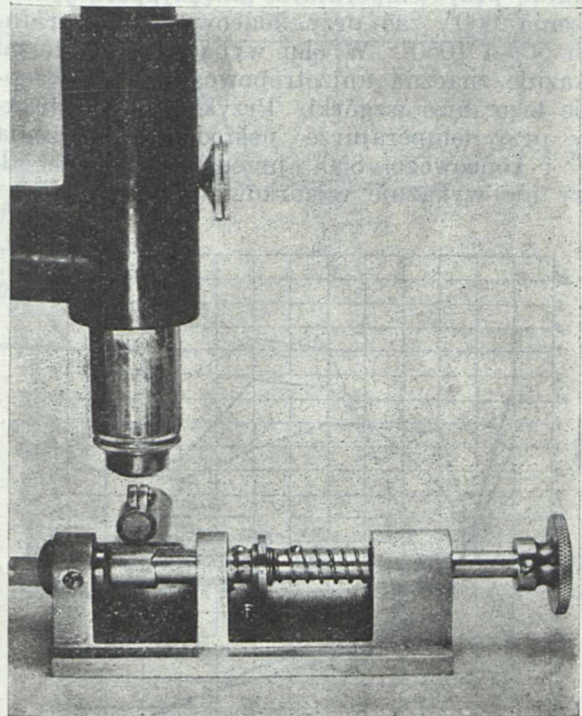
jak i fotografja miseczek na ryc. 7 wskazują na różny charakter przebiegu linii wysokości wzgórek przy temperaturach międzyoperacyjnego żarzenia 600 i 950°. Dla temperatury 600° na całym obszarze wysokość wzgórek niema tendencji spadku do wartości zerowej. Przy temperaturze 950° z rosnącą temperaturą wysokość wzgórka maleje, wykazując począwszy od 800° wartości zbliżone do zera. Praktycznie jednak nie wystarczy znajomość obszaru temperatur, w którym następuje zanikanie wzgórek.



Ryc. 7.

Wygląd miseczek w zależności od temp. końcowego żarzenia, przy temp. pośredniej a) 600° (pierwsze dwa rzędy) i b) 950° (ostatni rząd).

i ostatecznego żarzenia w przyjętym powyżej zakresie. Wysokość wzgórek (h_0) mierzono za pomocą mikroskopu, stosowanego normalnie do pomiarów odcisku Brinella wykonania firmy Amsler, pozwalającego na dokładność odczytów od 0,01 mm. Całość urządzenia pomiarowego podaje ryc. 8. Dla każdej miseczki mierzono wysokości wzgórek względem odpowiadających im dolinek. Jako miarodajną przyjęto cyfrę średnią z dwóch wzgórek oddzielnie względem dolinek 0° i 90°. Każdy wynik średnio z czterech pomiarów. Nadmienić należy, że wysokość wzgórek względem 0° wypada naogół stale większa aniżeli względem 90°. Wartości wzgórek dla dwu temperatur pośredniego żarzenia $t_p=600°$ i $t_p=850°$, przy uwzględnieniu różnicy wysokości wzgórek liczonych wobec dolinek w kierunkach 0 i 90°, podaje ryc. 6. Wygląd miseczek i ukształtowanie się wzgórek w powyższych dwu temperaturach, zależnie od temperatury końcowego żarzenia podaje ryc. 7 (dla temperatury $= t_p 600°$ mamy dwa rodzaje miseczek). Tak wykresy na ryc. 6



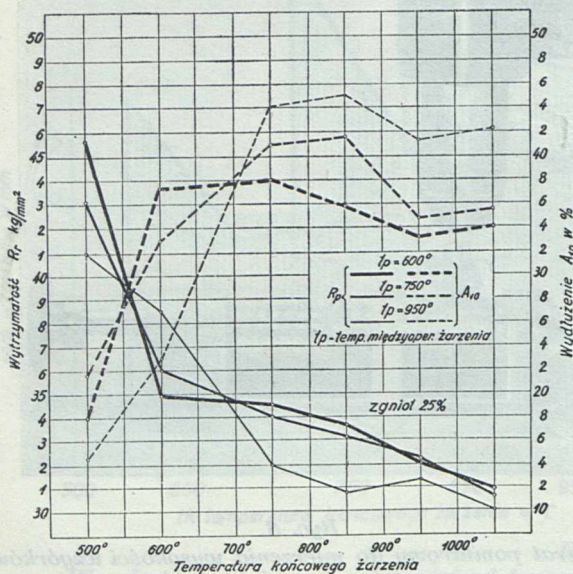
Ryc. 8.

Aparat pomiarowy do mierzenia wysokości wzgórek.

Temperatury żarzenia muszą być tak dobrane, aby materiał pozwalał na uzyskanie własności mechanicznych, odpowiadających przepisanyim wymaganiom, a określających jego przydatność do głębokiego ciągnięcia, oraz zapewniających dostateczną jednolitość materiału do masowej przeróbki. W tym celu z każdego pasa, z którego zostały wykonane miseczki, pobrano po dwie próbki i przeznaczono do próby rozciągania. Wykresy przedstawione na ryc. 9 i 10 podają przebieg wartości R_r , A_{10} i w zależności od temperatury pośredniej i końcowej żarzenia. Wymagania dla powyższego materiału odnośnie próby rozciągania są $R_r \text{ min } 33 \text{ kg/mm}^2$, $A_{10} \text{ min } 33\%$. Zakres temperatur, jaki może być stosowany dla powyższego materiału dla uzyskania tych wartości wynosi zatem od 650° do 900°. Poniżej temperatury końcowego żarzenia 650° otrzymujemy materiał o zbyt niskich własnościach plastycznych, dla temperatur powyżej 900° otrzymujemy niepożądaną, a szkodliwą dla dalszej przeróbki gruboziarnistość metalu.

Ponadto wykonano dla niektórych przypadków szlify do badań mikroskopowych. Ryc. 11 do

17-ie podają mikrostruktury niklomiedzi w różnych fazach przeróbki. Ryc. 11 podaje strukturę niklomiedzi po pośrednim żarzeniu 950° , ryc. 12 po zgnioście 25%, zaś ryc. 13 po żarzeniu w temperaturze 500° . Wypadek ten daje bardzo znaczne wzgórki powyżej 1 mm. Pomimo bardzo niskiej temperatury ostatecznego żarzenia i niskich własności mechanicznych (ryc. 9) uzyskujemy duże wydłużone ziarna, gdyż zbyt mały zgniot, ze względu na wysoką temperaturę pośredniego żarzenia nie mógł spowodować regeneracji struktury. Ryc. 14, 15 i 16 podają przykłady mikrostruktur przy temperaturze międzyoperacyjnego żarzenia 600° , zaś przy końcowych temperaturach 500 i 1050° . W obu wypadkach materiał wykazuje znaczną anizotropowość, a w następstwie tego duże wzgórki. Przykład mikrostruktury przy temperaturze pośredniego żarzenia 850° i końcowego 850° przedstawia materiał, który nie wykazuje wzgórek (ryc. 17).



Ryc. 9.

Własności wytrzymałościowe taśm niklomiedzi o grub. ok. 1,2 mm w zależności od temperatur pośredniego i końcowego żarzenia przy zgnioście 25%.

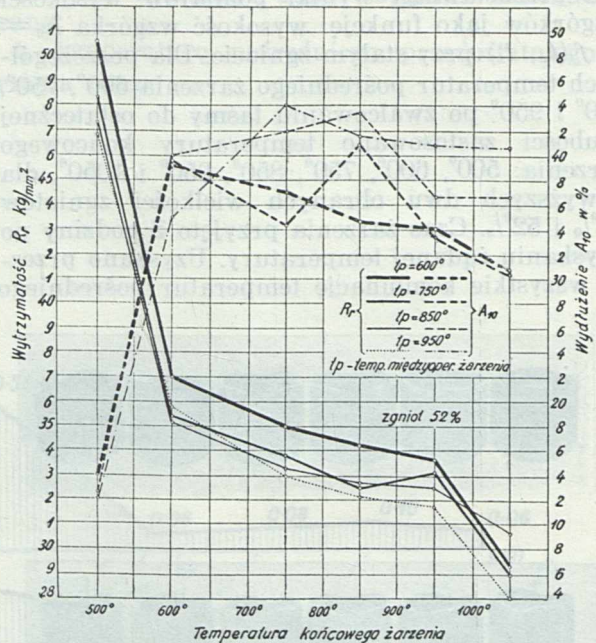
Wnioski nasuwające się z rozważania powyższych wyników są następujące:

1. W zakresie omawianych czynników t. j. zgniotów i temperatur występują cztery wzgórki zorientowane wyłącznie pod kątem 45° . Zmiana temperatur pośredniego żarzenia w zakresie od 600 do 950° nie powoduje zmiany orientacji wzgórek z położenia 45° na 0 i 90° , jak to stwierdzono dla miedzi (Kaiser)⁴⁾.

2. Wysokość wytworzonych wzgórek zależy w wybitnym stopniu od a) temperatury pośredniego żarzenia, b) ostatecznego żarzenia.

Dla temperatur pośredniego żarzenia 600 i 750° , wysokość wzgórek wykazuje spadek począwszy od temperatur końcowego żarzenia 500 do 750° , następnie wzrost tychże do temperatury 950° . Przy temperaturze 1050° zaznacza się nieznaczna tendencja do spadku. To ostatnie tłumaczy się prawdopodobnie tym, że niklomiedź

w temperaturach zbliżonych do punktu topliwości wykazuje w analogii jak miedź tendencję do regularnej orientacji kryształów⁸⁾.



Ryc. 10.

Własności wytrzymałościowe taśm niklomiedzi o grub. ok. 1,2 mm, w zależności od temperatur poprzedniego i końcowego żarzenia przy zgnioście 52%.

Dla temperatur pośredniego żarzenia 850° i 950° przebieg linii jest w całym zakresie temperatur końcowego żarzenia (od 500 do 1050°) stale malejący. Począwszy od temperatur $t_k = 800^{\circ}$ praktycznie nie mamy już wzgórek. — W szczególności bardzo duże wzgórki otrzymuje-



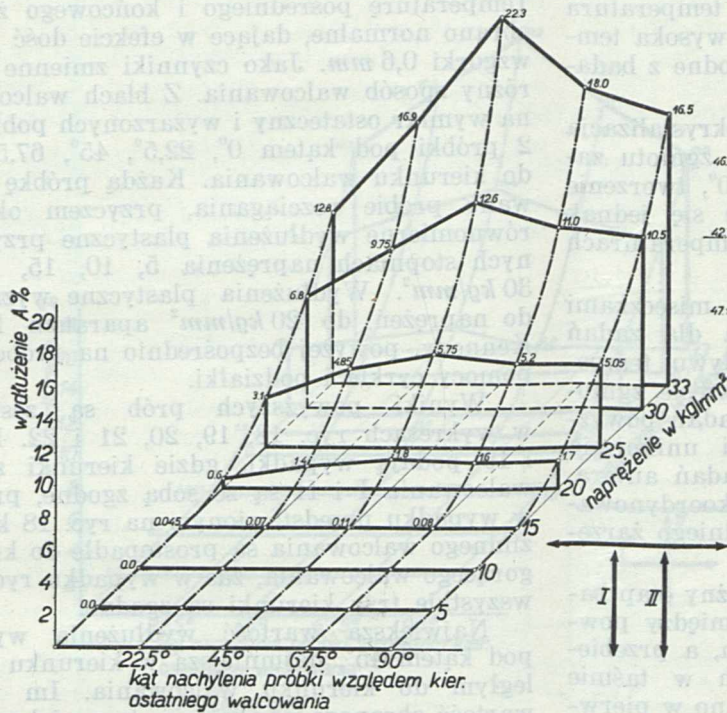
nadsiararcz. amon. Ryc. 17. pow. = 100
Struktura niklomiedzi żarzonej w temp. 850° ;
 $t_p = 850^{\circ} C$, pow. = 100.

my o ile jedna z temperatur (pośrednia lub końcowa) leży poniżej 600° , druga natomiast jest wysoka około 950° . W wypadku, o ile obie temperatury pośredniego i końcowego żarzenia leżą wysoko około 900° otrzymujemy zanik wzgórek. Powyżej tych temperatur jednak, materiał wyka-

⁸⁾ G. Tammann u. H. H. Meyer, Z. f. Metallkunde 1926, S. 176.

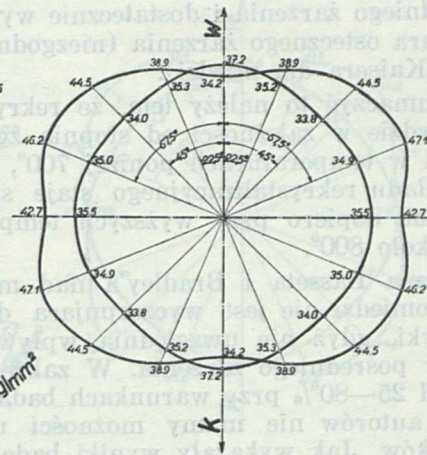
zuje gruboziarnistość i dla praktycznych celów, do wyrobu elementów drogą głębokiego ciągnięcia nie może być użyty. Obniżenie jednak temperatury pośredniego żarzenia oraz końcowego żarzenia do około 850° pozwala na praktyczne całkowite uniknięcie wzgórek.

Pomiary dokonane w okolicy tego punktu przy obraniu temperatury końcowego żarzenia od 825 do 875° potwierdziły w zupełności pierwsze badanie. Dobór temperatur pośredniego żarzenia 850 do 900° oraz końcowego żarzenia 800 do 850° pozwala zatem na praktyczne



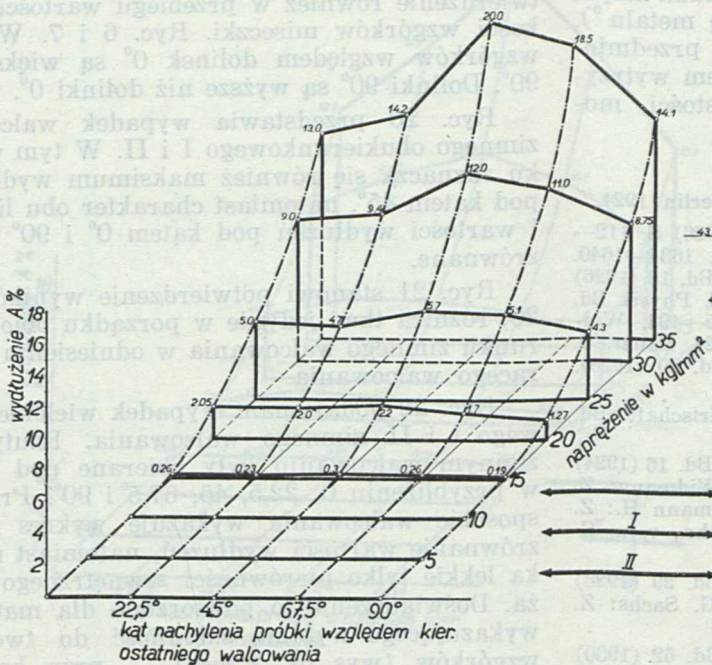
Ryc. 18.

Przebieg równomiernych wydłużeń plastycznych w zależności od orientacji próbki i wielkości naprężeń przy zimnym walcowaniu jednokierunkowym prostop. do kierunku gorącego walcowania.



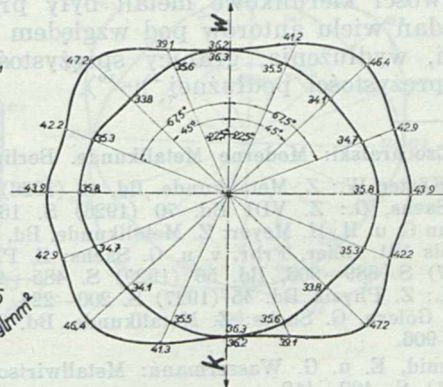
Ryc. 18 a.

Przebieg wytrzymałości (R_r) i wydłużenia (A_{10}) dla wypadku walcowania, jak na ryc. 18.



Ryc. 19.

Przebieg równomiernych wydłużeń plastycznych w zależności od orientacji próbki i wielkości naprężeń przy wypadku walcowania jednokierunkowym równoległym do gorącego walcowania.



Ryc. 19 a.

Przebieg wytrzymałości (R_r) i wydłużenia (A_{10}) dla wypadku walcowania, jak na ryc. 19.

uniknięcie wzgórek, własności mechaniczne zaś w tym zakresie odpowiadają przepisanyemu wymaganiom, a materiał nie wykazuje gruboziarnistości.

W porównaniu z wynikami prac innych autorów nasuwają się uwagi: Dla uniknięcia wzgórek wymagane są możliwie wysoka temperatura pośredniego żarzenia i dostatecznie wysoka temperatura ostecznego żarzenia (niezgodne z badaniem Kaisera dla miedzi).

Tłumaczyć to należy tem, że rekrytalizacja wprawdzie w zależności od stopnia zgniotu zachodzi w temperaturach poniżej 700° , tworzenie się układu rekrytalizacyjnego staje się jednak wyraźne dopiero przy wyższych temperaturach t. j. około 800° .

Praca Basseta i Bradley'a nad miseczkami z niklomiedzi nie jest wyczerpująca dla zadań praktyki, gdyż nie uwzględnia wpływu temperatury pośredniego żarzenia. W zakresie zgniotów od 25—80% przy warunkach badań powyższych autorów nie mamy możliwości uniknięcia wzgórek. Jak wykazały wyniki badań autora, jest to możliwe przez odpowiednie skoordynowanie temperatury końcowego i pośredniego żarzenia.

II. B. Jako dalszy szczególnie ważny etap badania podjęto sprawę zależności pomiędzy powstawaniem wzgórek na miseczkach, a przebiegiem własności wytrzymałościowych w taśmie w różnych kierunkach. Jak już podano w pierwszej części nin. referatu mechanizm tworzenia wzgórek jest zależny od układu struktury kierunkowej, z którą łączy się ściśle anizotropowość wyrażająca się zmiennością własności mechanicznych w różnych kierunkach. Już jeden kryształ jest anizotropowy. Anizotropowość posiada zespół kryształów, składający się na budowę metalu⁹⁾. Właściwości kierunkowe metali były przedmiotem badań wielu autorów pod względem wytrzymałości, wydłużenia, granicy sprężystości, modułu sprężystości podłużnej^{2), 10)}.

⁹⁾ Czochralski: *Moderne Metallkunde*. Berlin 1924.

¹⁰⁾ Köster W.: *Z. Metallkunde*. Bd. 18 (1926) S. 112—116. Sachs, G.: *Z. VDI* Bd. 70 (1926) S. 1634—1640. Tammann G. u. H. Meyer: *Z. Metallkunde*. Bd. 18 (1926) S. 176 bis 181. Göler, Frhr. v. u. G. Sachs: *Z. Physik* Bd. 41 (1927) S. 889—906, Bd. 56 (1929) S. 485—494. Widmann H.: *Z. Physik* Bd. 45 (1927) S. 200—224. Bauer, O. Frhr. v. Göler, G. Sachs: *Z. Metallkunde*. Bd. 20 (1928) S. 889—906.

Schmid, E. u. G. Wassermann: *Metallwirtschaft*. Bd. 10 (1931) S. 409—410.

Glocker, R. u. E. Kaupp: *Z. Metallkunde*. Bd. 16 (1924) S. 377—379. Glocker, R., E. Kaupp u. H. Widmann: *Z. Metallkunde*. Bd. 17 (1925) S. 353—357. Widmann H.: *Z. Physik* Bd. 45 (1927) S. 200—224. Göler, Frhr., v. u. G. Sachs: a. a. O.

Bass, A. u. R. Glocker: *Z. Metallkunde*. Bd. 29 (1928) S. 179—183. Bauer, O., Frhr., v. Göler u. G. Sachs: *Z. Metallkunde*. Bd. 20 (1928) S. 202—208.

Kurdjumow, G. u. G. Sachs: *Z. Physik* Bd. 62 (1930) S. 592—599.

Schmid, E. u. G. Wassermann: *Metallwirtsch.* Bd. 9 (1931) S. 735—736. Caglioti, V. u. G. Sachs: *Metallwirtsch.* Bd. 11 (1932) S. 1—4.

Göler, Frhr. v. u. G. Sachs: *Z. Physik* Bd. 56 (1929) S. 495—502. Weerts J.: *Z. Metallkunde*. Bd. 25 (1933) S. 101—193.

Badania własności kierunkowych dla niklomiedzi są autorowi jednak niezbrane.

Dla badań własnych wybrano taśmy niklomiedzi, wykonaną sposobem 1, t. j. przy pomocy gorącego walcowania z 25/2,8 mm, a następnie przerobioną 2 zimnymi zgniotami 43% i 25%. Temperaturę pośredniego i końcowego żarzenia obrano normalne, dające w efekcie dość znaczne wzgórki 0,6 mm. Jako czynniki zmienne obrano różny sposób walcowania. Z blach walcowanych na wymiar ostateczny i wyżarzonych pobrano po 2 próbki pod kątem 0° , $22,5^{\circ}$, 45° , $67,5^{\circ}$ i 90° do kierunku walcowania. Każdą próbkę poddawano próbie rozciągania, przyczem określono równomierne wydłużenia plastyczne przy kolejnych stopniach naprężenia 5, 10, 15, 20, 25, 30 kg/mm². Wydłużenia plastyczne wyznaczone do naprężeń do 20 kg/mm² aparatem Martens Kennedy, powyżej bezpośrednio na próbce, przy pomocy cyrkla i podziałki.

Wyniki powyższych prób są zestawione w wykresach ryc. 18, 19, 20, 21 i 22. Ryc. 18 i 19 podają wypadki, gdzie kierunki zimnego walcowania I i II są ze sobą zgodne, przyczem w wypadku przedstawionym na ryc. 18 kierunki zimnego walcowania są prostopadłe do kierunku gorącego walcowania, zaś w wypadku ryc. 19 — wszystkie trzy kierunki są zgodne.

Największa wartość wydłużenia występuje pod kątem 45° , najmniejsza w kierunku równoległym do kierunku walcowania. Im większa wartość obranego naprężenia, tem większa zarysowuje się różnica pomiędzy wielkościami wydłużeń pod kątem 0 i 45° . Podkreślić również należy różnicę pomiędzy kierunkami 0 i 90° w wartości wydłużenia; wydłużenie w kierunku poprzecznym jest stale większe. Wynik ten znajduje potwierdzenie również w przebiegu wartości wysokości wzgórek miseczki. Ryc. 6 i 7. Wartości wzgórek względem dolinek 0° są większe niż 90° . Dolinki 90° są wyższe niż dolinki 0° .

Ryc. 20 przedstawia wypadek walcowania zimnego obukierunkowego I i II. W tym wypadku zaznacza się również maksimum wydłużenia pod kątem 45° , natomiast charakter obu linii jak i wartości wydłużeń pod kątem 0° i 90° zostały zrównane.

Ryc. 21 stanowi potwierdzenie wyników ryc. 20; różnica tkwi jedynie w porządku obioru kierunku zimnego walcowania w odniesieniu do gorącego walcowania.

Ryc. 22 podaje nam wypadek wielokierunkowego I i II zimnego walcowania. Rzuty przy zimnym walcowaniu były obierane pod kątami w przybliżeniu 0 ; $22,5$, 45 , $67,5$ i 90° . Przy tym sposobie walcowania wykazuje wykres prawie zrównanie wartości wydłużeń, natomiast miseczka lekkie tylko nierówności zewnętrznej obrzeża. Doświadczenie to powtórzone dla materiału, wykazującego wybitną skłonność do tworzenia wzgórek (wys. ok. 1 mm) — przy końcowej

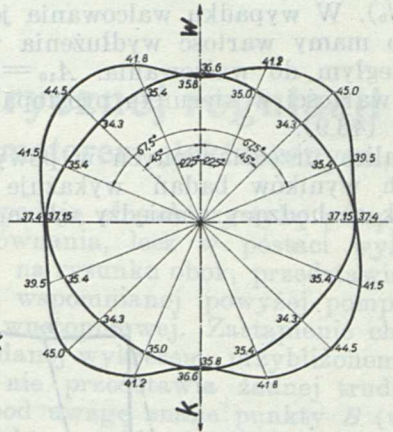
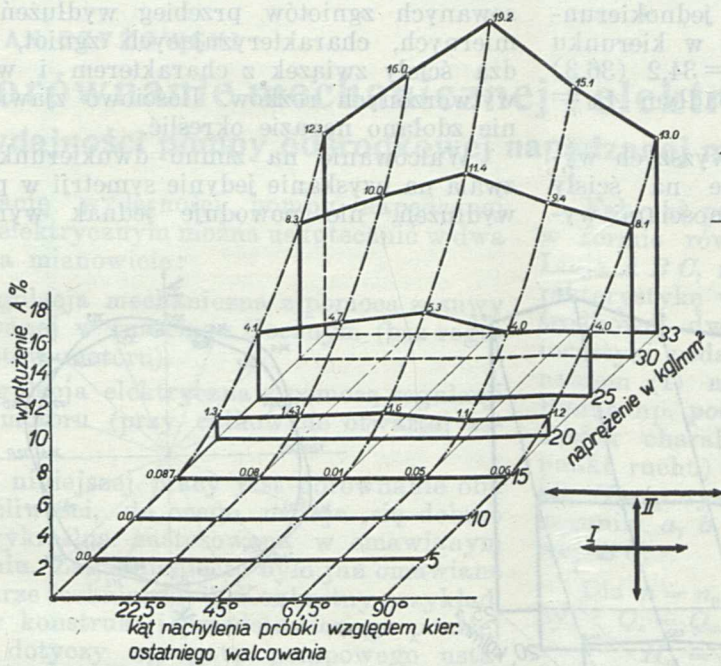
Köster W.: *Z. Metallkunde*. Bd. 18 (1926) S. 112—166. Göler, Frhr. v. u. G. Sachs: *Z. Physik* Bd. 41 (1927) S. 889—906, Bd. 56 (1929) S. 495—502.

Fahrenhorst W., K. Matthaes u. E. Schmid: *Z. VID*. Bd. 76 (1932) S. 797—799.

Weerts J.: *Z. Metallkunde*. Bd. 25 (1933) S. 101—103.

temperaturze żarzenia bardzo wysokiej (do 900—950°). I w tym wypadku otrzymano prawie równe wartości wydłużeń niezależnie od orientacji próbek, zaś wykonane miseczki wykazały względnie równe brzegi. Ryc. 22 przedstawia właśnie przykład badania materiału gruboziar-

nistego. Ryc. 18 a do 22 a — podają przebieg wartości końcowych, uzyskanych przy próbie rozciągania, t. j. R_r i A_{10} zależnie od orientacji względem kierunku ostatniego walcowania. Użyskujemy potwierdzenie doświadczeń poprzednich; maksimum wydłużenia pod kątem 45° przy mini-

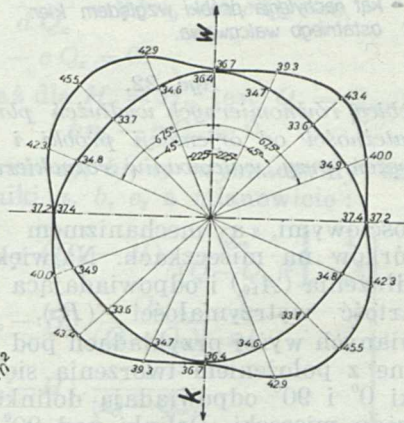
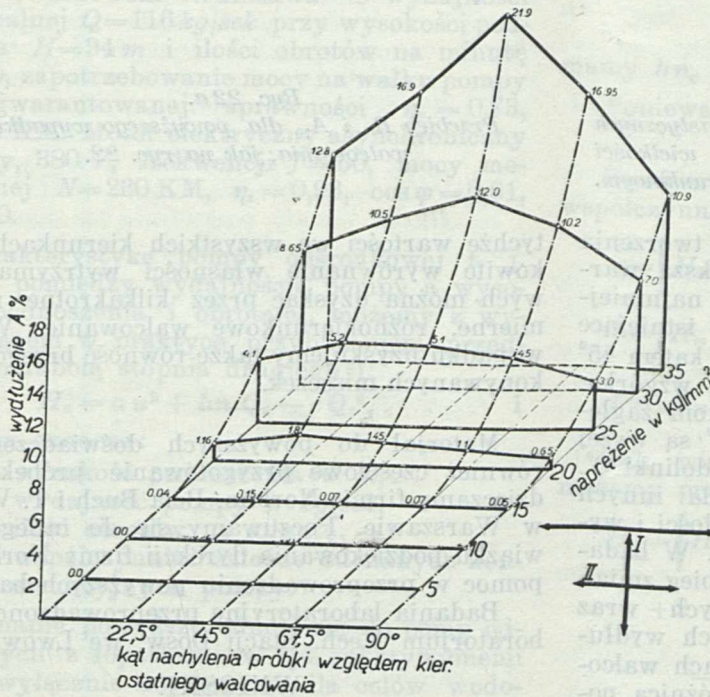


Ryc. 20.

Przebieg równomiernych wydłużeń plastycznych w zależności od orientacji próbki i wielkości naprężeń przy zimnym walcowaniu dwukierunkowym (I równoległe, II prostop. do kier. gor. walc.).

Ryc. 20 a.

Przebieg wytrzymałości (R_r) i wydłużenia (A_{10}) dla wypadku walcowania, jak na ryc. 20.



Ryc. 21.

Przebieg równomiernych wydłużeń plastycznych w zależności od orientacji próbki, wielkości naprężeń przy dwukierunkowym walcowaniu (I prostopadłe, II równoległe do kierunku gorącego walcowania)

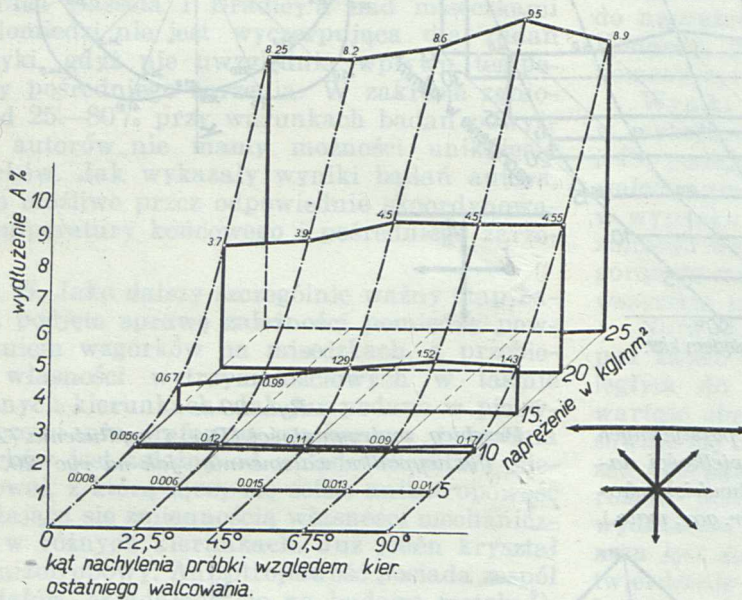
Ryc. 21 a.

Przebieg R_r i A_{10} dla wypadku walcowania, jak na ryc. 21.

num wytrzymałości przy walcowaniu 1 i 2-kierunkowym, zaś zrównanie tych wartości przy walcowaniu różnokierunkowym.

Symetria pod względem wartości wydłużenia w kierunkach równoległym i prostopadłym do walcowania występuje w przypadku zastosowania dwukierunkowego walcowania ($A_{10} = 37,2$ i $36,4\%$). W wypadku walcowania jednokierunkowego mamy wartość wydłużenia w kierunku równoległym do walcowania $A_{10} = 34,2$ ($36,3$) wobec wartości w kierunku prostopadłym $A_{10} = 42,7$ ($43,9$).

Analiza przedstawionych w powyższych wykresach wyników badań wykazuje na ścisły związek zachodzący pomiędzy własnościami wy-



Ryc. 22.

Przebieg równomiernych wydłużeń plastycznych w zależności od orientacji próbki i wielkości naprężeń przy walcowaniu różnokierunkowym.

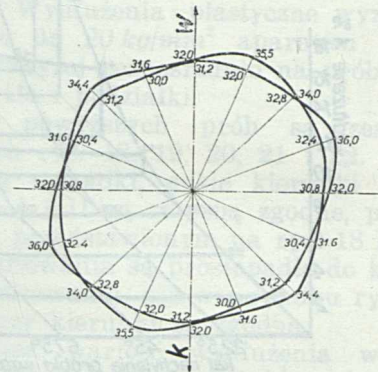
trzymałościowymi, a mechanizmem tworzenia się wzgórek na miseczkach. Największa wartość wydłużenia (A_{10}) i odpowiadająca najmniejsza wartość wytrzymałości (R_r), istniejące w omawianych wyżej przykładach pod kątem 45° są zgodne z położeniem tworzenia się wzgórek. Kierunki 0° i 90° odpowiadają dolinkom zagłębień brzegu miseczki. Dolinki pod 90° są wyżej położone względem dna miseczki, niż dolinki 0° .

Dotychczasowe wyniki badaczy dla innych metali uwzględniały zmiany wytrzymałości i wydłużenia zależnie od orientacji próbek. W badaniach naszych oznaczono również przebieg zmian wydłużeń plastycznych równomiernych wraz z rosnącym naprężeniem. Przebieg tych wydłużeń wskazuje (we wszystkich wypadkach walcowania), że z rosnącym naprężeniem różnica pomiędzy wydłużeniem pod kątem 45° i pod kątem 0 i 90° stale się zwiększa.

Dla wypadku, przedstawionego na ryc. 18 różnica ta wynosi przy 25 kg/mm^2 średnio $1,65\%$, przy naprężeniu 30 kg/mm^2 $4,0\%$, zaś przy naprężeniu 33 kg/mm^2 , różnica ta wynosi $7,6\%$.

Analogicznie przy wykonaniu miseczek z tej taśmy przy różnej wielkości ciągu (przy tej samej średnicy zewnętrznej lecz różnych wysokościach miseczki) uzyskano dla bardzo małych wielkości ciągów małe wzgórki, w miarę powiększającego się zastosowanego zgniotu różki wypadły większe. Na całej zatem przestrzeni stosowanych zgniotów przebieg wydłużeń równomiernych, charakteryzujących zgniot, potwierdza ścisły związek z charakterem i wielkością wytworzonych różków. Ilościowo zjawiska tego nie zdołano narazie określić.

Walcowanie na zimno dwukierunkowe pozwala na uzyskanie jedynie symetrii w przebiegu wydłużeń, nie powoduje jednak wyrównania



Ryc. 22 a.

Przebieg R_r i A_{10} dla powyższego wypadku walcowania, jak na ryc. 22.

tychże wartości we wszystkich kierunkach. Całkowite wyrównanie własności wytrzymałościowych można uzyskać przez kilkakrotne równomierne, różnokierunkowe walcowanie. W tym wypadku uzyskujemy także równość brzegów wykonywanych miseczek.

Materiał do powyższych doświadczeń, jak również częściowe przygotowanie próbek zawdzięczamy firmie Norblin, Beia Buch i T. Werner w Warszawie. Poczujemy się do miłego obowiązku podziękowania dyrekcji firmy Norblin za pomoc w przeprowadzeniu powyższych badań.

Badania laboratoryjne przeprowadzono w laboratorium Mech. Stacji Dośw. we Lwowie.

WNIOSKI.

Badania przeprowadzone na taśmach niklomiedzi $80\% \text{ Cu}$ i $20\% \text{ Ni}$ o grubości $1,2 \text{ mm}$ wykazały, że uniknięcie tworzenia się wzgórek na miseczkach z niklomiedzi jest możliwe na dwu drogach:

1. Przez skoordynowanie temperatur pośred-

niego i końcowego żarzenia. Temperatura pośrednia winna być możliwie wysoka, temperatura końcowa dostatecznie wysoka. Uzyskanie przy tych warunkach materiału dostatecznej jakości do wyrobu elementów przez zimną przeróbkę plastyczną jest możliwe.

2. Przez różnokierunkowe walcowanie płyt

Inż. ROMAN CZYŻOWSKI

Porównanie mechanicznej i elektrycznej regulacji wydajności pompy odśrodkowej napędzanej motorem elektrycznym.

Regulację wydajności pompy napędzanej motorem elektrycznym można skutecznie w dwa sposoby, a mianowicie:

a) Regulacja mechaniczna z pomocą zasuwy zamontowanej w rurociągu tłocznym (bez regulacji obrotów motoru).

b) Regulacja elektryczna z pomocą regulacji obrotów motoru (przy całkowicie otwartej zasuwie).

Celem niniejszej pracy jest porównanie obu tych możliwości, do czego nadaje się dobrze metoda wykreślna zastosowana w omawianym zagadnieniu. Zagadnienie to było już omawiane w literaturze technicznej¹⁾. Konkretny przykład, podany w konstrukcji przedstawionego poniżej rysunku, dotyczy agregatu pompowego ustawionego w stacji pomp Zakładów Wodociągowych miasta Lwowa w Szkle.

Daty tego agregatu są następujące:

Pompa odśrodkowa wyrobu fabryki „Inż. Stefan Twardowski Warszawa“ o wydajności maksymalnej $Q=116 \text{ kg/sek}$ przy wysokości podnoszenia $H=94 \text{ m}$ i ilości obrotów na minutę $n=1470$, zapotrzebowanie mocy na wałku pompy przy gwarantowanej sprawności $\eta_p=0,73$, $N=200 \text{ KM}$. Motor elektryczny asynchroniczny 3-fazowy, 380 V , częstotliwości $f=50$, mocy mechanicznej $N=230 \text{ KM}$, $\eta_s=0,93$, $\cos \varphi=0,91$, $n=1470$.

Charakterystykę pompy odśrodkowej t. j. związek pomiędzy wydajnością pompy a wysokością podnoszenia i obrotami, możemy z wystarczającym w praktyce przybliżeniem przedstawić parabolą stopnia drugiego²⁾:

$$H_x = a n^2 + b n Q_x - c Q_x^2, \dots 1$$

przyczem oznacza:

H_x — wysokość podnoszenia w m ,

Q_x — wydajność pompy w kg/sek ,

n — ilość obrotów na minutę,

a, b, c — współczynniki zależne od danych konstrukcyjnych pompy.

Równanie powyższe odnosi się do pomp odśrodkowych z łopatkami w tył zakrzywionymi prawie wyłącznie używanymi dla celów wodociągowych.

niklomiedzi niezależnie od temperatury międzyoperacyjnego żarzenia. Przy badaniu własności kierunkowych niklomiedzi stwierdzono związek pomiędzy wartościami Rr i A_{10} , przebiegiem równomiernych wydłużeń plastycznych przy próbie rozciągania, a kierunkiem tworzenia się wzgórków w zależności od sposobu walcowania.

Fabryki podają charakterystykę pompy nie w formie równania, lecz w postaci wykresu. Linja ABC , na rysunku obok, przedstawia charakterystykę wspomnianej powyżej pompy odśrodkowej dwustopniowej. Zastąpienie charakterystyki podanej wykresem, przybliżeniem równaniem (1) nie przedstawia żadnej trudności. Biorąc np. pod uwagę znane punkty B (wierzchołek charakterystyki) i C (gwarantowany punkt ruchu) o współrzędnych (Q_m, H_m) wzgl. (Q, H) (p. rysunek), możemy wyznaczyć współczynniki a, b, c równania (1) dla gałęzi krzywej BC .

Dla $n = n_0$ (maksymalna ilość obrotów pompy) i $Q_x = Q_m$ jest $H_x = H_m$, zatem:

$$H_m = a n_0^2 + 2 b n_0 Q_m - c Q_m^2 \dots a$$

Dla $n = n_0$, $Q_x = Q$ jest $H_x = H$, zatem będzie:

$$H = a n_0^2 + 2 b n_0 Q - c Q^2 \dots b$$

Z warunku na maksimum w odniesieniu do równania (1):

$$\frac{d H_x}{d Q_x} = 2 b n_0 - 2 c Q_x = 0,$$

mamy $b n_0 - c Q_x = 0$.

Ponieważ dla $H_x = H_m$ jest $Q_x = Q_m$, przeto

$$b n_0 - c Q_m = 0 \dots c$$

Z równań $a)$, $b)$, $c)$ wyznaczymy szukane współczynniki a, b, c , a mianowicie:

$$\left. \begin{aligned} a &= \left[H_m - (H_m - H) \cdot \frac{Q_m^2}{(Q - Q_m)^2} \right] \cdot \frac{1}{n_0^2} \\ b &= [H_m - H] \cdot \frac{Q_m}{(Q - Q_m)^2} \cdot \frac{1}{n_0} \\ c &= (H_m - H) \cdot \frac{1}{(Q - Q_m)^2} \end{aligned} \right\} \dots d$$

Tak więc podaną charakterystykę pompy możemy przedstawić równanie:

$$\begin{aligned} H_x &= \left[H_m - (H_m - H) \cdot \frac{Q_m^2}{(Q - Q_m)^2} \right] \cdot \frac{n^2}{n_0^2} + \\ &+ 2 \cdot (H_m - H) \cdot \frac{Q_m}{(Q - Q_m)^2} \cdot \frac{n}{n_0} Q_x - \\ &- (H_m - H) \cdot \frac{1}{(Q - Q_m)^2} \cdot Q_x^2 \dots e \end{aligned}$$

Równanie (e) przedstawia praktycznie wiernie gałąź charakterystyki od punktu B do punktu C , to jest gałąź, na której zwykle odbywa się praca pompy.

W naszym przykładzie po wstawieniu war-

¹⁾ A. E. G. Mitteilungen, Berlin 1929, zeszyt 4, str. 276—290.

²⁾ C. Pfeleiderer: „Kreispumpen“, Berlin 1924, str. 132—3.

pełniny wielkiego błędu, stosując równanie (8) do wyznaczenia sprawności pompy w danym punkcie ruchu.

Na rysunku podano sposób wyznaczenia paraboli dla sprawności $\eta_p = 0,70$, a mianowicie na podanej przez fabrykę krzywej sprawności pompy obieramy punkt odpowiadający sprawności $\eta_p = 0,70$ i następnie szukamy na charakterystyce głównej ABC punktu (H_x, Q_x), leżącego na rzędnej przechodzącej przez punkt $\eta_p = 0,70$; ze znalezionej w ten sposób punktu (Q_x, H_x) kreślimy sposobem geometrycznym szukaną parabolę (równ. 8) do początku układu, wzdłuż której sprawność pompy pozostaje w przybliżeniu ta sama (0,70). W taki sam sposób nakreślono parabolę dla sprawności $\eta_p = 0,60$, 0,62 i t. d.

W otrzymaną w ten sposób „siatkę parabol“ wkreślamy charakterystykę rurociągu CED tj. linię przedstawiającą związek pomiędzy ilością wody tłoczonej, a całkowitą wysokością podnoszenia (suma oporów przepływu wody w rurociągu ssącym i tłoczonym, oraz różnicy poziomów zwierciadeł wody w studni i w zbiorniku, względnie wylotu rury tłocznej). Nakreślona charakterystyka rurociągu składa się w przypadku, do którego odnosi się rysunek wyjątkowo z dwóch różnych parabol, przecinających się w punkcie E ; jest to bowiem szczególny przypadek spowodowany konfiguracją terenu. Mianowicie przy pompowaniu ilości wody ponad 81 kg/sek dalszy punkt rurociągu wchodzi w rachubę jako najwyższy punkt, do którego musi być woda wytłoczona, podczas gdy w dalszej części rurociągu woda już płynie grawitacyjnie.

Obecnie możemy przystąpić do wyznaczenia zapotrzebowania mocy przez pompę dla poszczególnych punktów ruchu, a więc: *a*) wzdłuż charakterystyki rurociągu CED przy zupełnie otwartej zasuwie, lecz odpowiednio zmniejszonej ilości obrotów zapomocą regulacji elektrycznej opornicą (n — zmienne), względnie *b*) wzdłuż głównej charakterystyki CF , jeżeli wydajność pompy zmieniać będziemy regulacją mechaniczną zapomocą dławienia zasuwą przy $n = n_0$, przy czym rzędne zawarte pomiędzy charakterystyką rurociągu CFD a charakterystyką główną CF przedstawiają opory hydrauliczne zasuw przy zamkniętej.

Zapotrzebowanie mocy wyznaczać będziemy sposobem graficznym i w tym celu równanie 7):

$$N_x = \frac{Q_x H_x}{75 \eta_p}$$

przekształcimy na proporcję:

$$\frac{N_x}{m} : H_x = Q_x : 75 m \cdot \eta_p$$

wyrażając literą „ m “ skalę mocy w stosunku do skali wysokości. Przy pomocy tego równania, budując trójkąty do siebie podobne, wyznaczmy szukane zapotrzebowanie mocy N_x przez pompę w danym punkcie ruchu. Na rysunku podano przykłady wyznaczenia N_x dla punktów C i D . W punkcie ruchu C sprawność pompy $\eta_p = 0,73$, odcinamy zatem na osi odciętych w skali $75 m \eta_p$ równe 547,5 mm (przyjęto bo-

wiem $m = 4$, skala zaś osi odciętych wynosi 25, przeto $75 \times 0,73 \times 4 \times 25 = 547,5$) i wykreślamy w tym miejscu pionową, aż do przecięcia się w punkcie C'' z równoległą do osi odciętych, wyprowadzoną z punktu C ; OC'' łącząca początek układu z punktem C'' , przecina rzędną przechodzącą przez punkt C w punkcie C_1 — rzędna $C_1 C'$ przedstawia szukane zapotrzebowanie mocy, gdyż:

$$\begin{aligned} \overline{C_1 C'} : H_x &= Q_x : 75 m \eta_p, \text{ a więc } \overline{C_1 C'} = \\ &= \frac{H_x Q_x}{75 m \eta_p} = \frac{N_x}{m}, \end{aligned}$$

albo wprost $\overline{C_1 C'} = N_x$, gdyż odpowiednio dobrano skalę na N_x .

W sposób opisany powyżej (dla punktu C) wyznaczono zapotrzebowanie mocy dla całego szeregu punktów ruchu i otrzymano na wynik krzywą $C_1 E_1 D_1$ jako obraz funkcji $N_x = \frac{H_x \cdot Q_x}{75 \eta_p}$ przy zmiennem „ n “ oraz krzywą $C_1 F_1$ jako obraz funkcji $N_x = \frac{H_x N_x}{75 \eta_p}$ przy niezmiennem $n = n_0$.

Tu dla porządku należy nadmienić, że powyższe przyjęcie $n = n_0$, ale całej charakterystyki głównej jest nieścisłe, gdyż przy motorach asynchronicznych przy malejącym obciążeniu obroty motoru rosną, co powoduje dodatkowo zwiększenie oporów hydraulicznych dławieniu zasuwą.

Powierzchnia $D_1 C_1 E_1 F_1 D_1$ przedstawia obrazowo nadmiar zapotrzebowania mocy na pokonanie oporów hydraulicznych przymkniętej zasuw. Zapotrzebowanie mocy przez motor elektryczny jest większe, należy bowiem uwzględnić straty mechaniczne i elektryczne w motorze. Uwzględniając te straty wyrazimy zapotrzebowanie mocy przez motor wzorem:

$$N = \frac{N_x}{\eta_s}, \dots \dots \dots 9$$

η_s oznacza tu sprawność motoru zależną od obciążenia N_x . Na rysunku podano z prawej strony krzywą sprawności η_s motoru asynchronicznego 3-fasowego w zależności od obciążenia (według danych fabrycznych).

Przy regulacji obrotów motoru w dół zapomocą opornicy trójfazowej włączanej w fazy wirnika, dochodzą do normalnych strat w motorze dodatkowe straty w opornicy regulacyjnej. Zapotrzebowanie mocy elektrycznej „ N “ motoru, którego obroty zostały obniżone z wartości n_0 (obroty normalne) na n (obroty zregulowane opornicą) i który dostarczać ma pompie mocy mechanicznej N_x , wyrazić możemy, z dostarczającą dla danego zagadnienia dokładnością, wzorem³⁾:

$$N = \frac{N_x}{\eta_s \cdot i} \dots \dots \dots 10$$

³⁾ Wzór ten jest ważny także dla silników prądu stałego, podane więc dalej wnioski ogólne odnoszą się nie tylko do motorów asynchronicznych, lecz także motorów prądu stałego.

We wzorze tym oznacza $i = \frac{n}{n_0}$ współczynnik regulacji obrotów, zaś η_s oznacza współczynnik sprawności motoru pracującego bez regulacji obrotów, obciążonego mechanicznie mocą N_x/i . Równanie (9) i (10) przekształcimy na wzory:

$$N = \frac{N_x \cdot 100}{100 \eta_s}, \dots \dots \dots 9a$$

$$N = \frac{\frac{N_x \cdot 100}{100 i} \cdot 100}{100 \eta_s}, \dots \dots \dots 10b$$

które użyjemy do graficznego wyznaczania zapotrzebowania mocy.

Na rysunku podano przykłady wyznaczania zapotrzebowania mocy przez motor dla punktów C i D .

Punkt C : Przy obciążeniu $\overline{C_1 C'}$ sprawność silnika $\eta_s = 0,93$, a ponieważ dla tego punktu ruchu $i = 1$, zatem stosując równanie (9a) otrzymamy na moc $N = \frac{\overline{C_1 C'} \cdot 100}{93}$. Wielkość tę znajdziemy graficznie, kreśląc prostą przez punkt C_1 z punktu 93 m , położonego na osi H_x , aż do przecięcia się osią Q_x w punkcie e_1 i następnie drugą prostą z punktu e_1 do punktu 100 m położonego osi H_x — prosta ta odcina na rzędnej $C_1 C'$ odcinek $\overline{C_3 C'}$, który w skali podaje nam szukane zapotrzebowanie mocy przez motor, bowiem jest:

$$\overline{C_3 C'} : \overline{C_1 C'} = 100 : 93, \text{ skąd } \overline{C_3 C'} = \frac{\overline{C_1 C'} \cdot 100}{93} = \frac{N_x}{0,93} = N.$$

Punkt D : Ponieważ punkt D , dla którego zapotrzebowanie mocy przez pompę wynosi $N_x = \overline{D_1 D'}$ leży na charakterystyce $i = 0,80$, przeto zapotrzebowanie mocy przez motor, przy uwzględnieniu jedynie strat w opornicy regulacyjnej, wyniesie:

$$N' = \frac{N_x \cdot 100}{100 i} = \frac{100 \overline{D_1 D'}}{80},$$

a ta wielkość jest równą odcinkowi $\overline{D_2 D'}$, gdyż jak widać z rysunku $\overline{D_2 D'} : \overline{D_1 D'} = 100 : 80$, zatem $\overline{D_2 D'} = \frac{\overline{D_1 D'} \cdot 100}{80} = N'$. Ponieważ dalej

przy obciążeniu $\overline{D_2 D'}$ sprawność motoru wynosi $\eta_s = 0,918$, przeto całkowite zapotrzebowanie mocy przez motor wyniesie $N = \frac{N'}{0,918} = \frac{100 \overline{D_2 D'}}{91,8}$,

a ta wielkość jest równą odcinkowi $\overline{D_3 D'}$ bowiem $\overline{D_3 D'} : \overline{D_2 D'} = 100 : 91,8$, zatem $\overline{D_3 D'} = \frac{100 \overline{D_2 D'}}{91,8} = N$.

W sposób powyżej podany wyznaczono zapotrzebowanie mocy przez motor dla poszczególnych punktów ruchu i otrzymano krzywą $C_3 F_3$, jako obraz zapotrzebowania mocy przy dławieniu zasuwą, oraz krzywą $C_3 D_3$, jako przedstawiającą zapotrzebowanie mocy przy regulowaniu obrotów zapomocą opornicy.

Powierzchnia zakreskowana $C_3 F_3 D_3 C_3$ przedstawia obrazowo ekonomję regulacji wy-

dajności pompy zapomocą zmiany obrotów motoru, przez włączenie opornicy w obwód wirnika, w porównaniu do regulacji zapomocą dławienia zasuwą:

N. p. dla punktu ruchu D t. j. przy wydajności pompy $Q_x = 59,7 \text{ kg/sek}$, zregulowanej obniżeniem obrotów o 20% ($i = 0,80$) zapotrzebowanie mocy przez motor wynosi $N = \overline{D_3 D'} = 111,6 \text{ KM}$, zaś przy tej samej wydajności, lecz zregulowanej dławieniem zasuwą wynosi $N = \overline{F_3 D'} = 153 \text{ KM}$, zyskuje się zatem $\overline{F_3 D_3} = 41,4 \text{ KM}$, pomimo znacznej straty w opornicy na ciepło, którą również możemy odczytać z rysunku, a mianowicie $\overline{D_1 D_2} = 20,6 \text{ KM}$. Do tych wyników możemy dojść także na drodze rachunkowej, korzystając z równania poprzednio wyliczonego (3a), a mianowicie:

$$H_x = 95,05 \left(\frac{n}{n_0}\right)^2 + 0,43 \left(\frac{n}{n_0}\right) Q_x - 3,782 \cdot 10^{-3} Q_x^2$$

albo:

$$H_{x_1} = 95,05 i^2 + 0,43 i Q_x - 3,782 \cdot 10^{-3} \cdot Q_x^2.$$

Dla $i = 1$ otrzymamy charakterystykę główną:

$$H_{x_1} = 95,05 + 0,43 Q_x - 3,783 \cdot 10^{-3} \cdot Q_x^2$$

zaś dla $i = 0,80$ charakterystykę 0,80 n_0 , a mianowicie:

$$H_{x_{0,80}} = 60,83 + 0,344 Q_x - 3,783 \cdot 10^{-3} Q_x^2.$$

Przy wydajności $Q_x = 59,7 \text{ kg/sek}$ otrzymamy z równania na H_{x_1} , wysokość podnoszenia przy dławieniu zasuwą (punkt F), a mianowicie: $H_{x_1} = 107,25 \text{ m}$, zatem zapotrzebowanie mocy przez motor dla tego punktu ruchu wyniesie: $N_1 = \frac{107,25 \cdot 59,7}{75 \cdot 0,60 \cdot 0,93} = 153 \text{ KM}$. Przy tej samej wydajności, lecz przy wyregulowanej ilości obrotów o 20% w dół (punkt D), otrzymamy z równania na $H_{x_{0,80}} = 67,8 \text{ m}$, zatem zapotrzebowanie mocy w tym punkcie ruchu wyniesie:

$$N_D = \frac{67,8 \cdot 59,7}{75 \cdot 0,66 \cdot 0,80 \cdot 0,918} = 111,6 \text{ KM}.$$

Wyniki powyższe zostały potwierdzone przez doświadczenie, a mianowicie w dniach 13 i 14 października 1932 r. przeprowadził oddział lwowski Stow. Dozoru Kotłów w Warszawie badania gwarancyjne tych pomp w Szkle i wyniki ujął w formę sprawozdania urzędowego. Jak wynika z tego sprawozdania przy wydajności $Q_x = 59,2 \text{ kg/sek}$ i przy normalnej ilości obrotów, a więc przy dławieniu zasuwą, zapotrzebowanie mocy przez motor wyniosło $N_1 = 149,6 \text{ KM}$, zaś przy tej samej wydajności, lecz przy zregulowanej ilości obrotów o 19% w dół ($i = 0,81$) i zupełnie otwartej zasuwie, zapotrzebowanie mocy przez motor wyniosło $N_2 = 109 \text{ KM}$. Cyfry te są prawie identyczne z cyframi naszego przykładu. Otrzymane powyżej wyniki wskazują, że regulacja wydajności pompy odśrodkowej, uskutecziona przez regulację obrotów motoru asynchronicznego z pomocą opornicy włączonej w rotor, czyli t. zw. oporowa regulacja wydajności pomp, jest znacznie korzystniejszą w odniesieniu do zapotrzebowania mocy, aniżeli regulacja wydajności pompy uskuteczona mechanicznie z pomocą zasuw wodnej. Oszczędność w zapotrzebowaniu mocy

przez motor, a temsamem oszczędność w zużyciu przez niego energii elektrycznej:

$$W = 0,736 \int_{t_1}^{t_2} N \cdot dt$$

jest tem większą im mniejszą jest wydajność zregulowana Q w porównaniu do wydajności maksymalnej Q_{max} , czyli im mniejszą wartość daje stosunek Q/Q_{max} . Przy większych regulacjach wydajności pompy należy więc stosować regulację oporową (opornicą), a nie regulację mechaniczną (zasuwą), przyczem porównanie strat w obu powyższych regulacjach może być skutecznie wykreślone w podany powyżej sposób z wystarczającą dla praktyki dokładnością.

Obok korzyści ekonomicznych (mniejsze zużycie energii elektrycznej), regulacja oporowa jest korzystniejsza także z tego względu, że przy obniżeniu obrotów pompy zmniejsza się zużycie łożątek wirnika pompy.

Koszt urządzenia z regulacją oporową jest oczywiście większy, gdyż zamiast zwykłego rozrusznika 3-fazowego dla motoru, trzeba zastosować znacznie od niego droższy 3-fazowy regulator obrotów. Warto jednak zaznaczyć, że ciepło wytwarzane w pomocy regulacyjnej jest wykorzystane w chłodnej porze roku do częściowego ogrzewania hali pomp. Na zakończenie chcę zwrócić uwagę, że przy żądaniu ofert na opornice do regulacji obrotów, należy bezwzględnie podać fabryce spodziewane obciążenie motoru przy zregulowanej ilości obrotów, gdyż może się zdarzyć, że fabryka nie z własnej winy niedotrzyma żądanego procentu regulacji obrotów, zależnego od mocy pompy N_x .

Odnosnie do konstrukcji opornicy, należy zwrócić uwagę, że istnieją opornice o układzie symetrycznym i o układzie niesymetrycznym.

Układ symetryczny posiada tę wyższość nad układem niesymetrycznym, że noże mechanizmu zwierającego opory zwierają jednakowe opory, równocześnie we wszystkich trzech fazach opornicy, podczas gdy w opornicach o układzie niesymetrycznym zwierane są owe opory kolejno najpierw w fazie 1-szej, potem w fazie drugiej i trzeciej. Wskutek niejednoczesnego zwierania oporów trzech faz opornicy, powstają nierównomierne obciążenia poszczególnych faz uzwojenia wirnika, co pociąga za sobą zaburzenia elektromagnetyczne w statorze, powodując migotanie światła elektrycznego, załączonego na przewody doprowadzające energię elektryczną do stacji pomp. Zamontowaną w r. 1928 w stacji pomp Karaczynowie opornicę regulacyjną, o układzie niesymetrycznym, wyrobu jednej z bardzo poważnych fabryk zagranicznych, musiano w końcu wymienić na opornicę o układzie symetrycznym, gdyż powodowała silne migotanie światła. Opornice o układzie symetrycznym, bardzo dobrej jakości, wyrabia w kraju fabryka K. Pustoła w Warszawie.

Artykuł niniejszy został ogłoszony na Zjeździe Gazowników i Wodociągowców Polskich w Wilnie w czerwcu 1929 r. Ponieważ poruszone w nim sprawy są bardzo ważne dla inżynierów wodociągowców i do dziś przeważnie niedoceniane, nawet przez bardzo poważne fabryki, pozwalam sobie podać go po uzupełnieniu datami doświadczałnymi, do wiadomości ogółu technicznego.

Pracę niniejszą przed oddaniem do druku przeglądał łaskawie J. Wielm. Pan Dr. Inż. Stanisław Fryze, Prof. Politechniki Lwowskiej. Za cenne krytyczne uwagi, z których skorzystałem, składam Mu na tem miejscu podziękowanie.

Przegląd czasopism technicznych

Budownictwo wodne

Czasopismo „Gospodarka wodna“, które z drugim rokiem istnienia przekształciło się z kwartalnika w dwumiesięcznik, stoi w dalszym ciągu na wysokim poziomie, dzięki współpracy wielu wybitnych sił, a co z uznaniem podnieść należy, także z młodszej generacji, doborowi artykułów, starannej redakcji i wykwiintnej formie zewnętrznej.

Nr. 3 *Gospodarki wodnej* zawiera następujące artykuły: Tillinger: „Program rozbudowy dróg wodnych w Polsce“, Rylke: „Nasza żegluga śródlądowa a tabor“, Matakiewicz: „Zawodowa i społeczna praca inżyniera“, Pareński: „Udział sił wodnych w elektryfikacji kolei południowo-niemieckich“, Czetwertyński: „Praca laboratorium betonowego kierownictwa budowy zbiornika w Rożnowie“, Romański: „Wielka belgijska droga wodna — Kanał Alberta“; pozatem bogaty Dział sprawozdawczy, Wiadomości gospodarcze i prawne, Życie techniczne, Bibliografja.

Przegroda ziemna i zbiornik Fort-Peck na Missouri, budowane przez Stany Zjednoczone Am. pn. jako praca publiczna, pod zarządem inżynierów

wojskowych, stanowić będą jedno z największych dzieł tego rodzaju świata. Cele całego urządzenia są następujące: poprawa warunków żeglugi, nieszkodliwe odprowadzenie wielkiej wody, wyzyskanie siły wodnej, nawodnienie i — dostarczenie pracy. Przy budowie pracuje do 7200 ludzi. Budowę rozpoczęto od wykonania czterech elektrycznie poruszanych bagrów (po 12.500 HP), kopiących materiał do wykonania grobli metodą półhydrauliczną.

Największa wysokość grobli wynosi 74 m ponad dno rzeki, długość korony 2700 m, pozatem jednak po lewej stronie wykonano jeszcze wał zamykający o długości 3450 m. Kubatura nasypu obejmuje 75 milionów m^3 ziemi, 3 milj. m^3 żwiru i 1,2 milj. m^3 kamienia. Zbiornik ujmie 23,2 miljarda m^3 wody, pokrywa powierzchnię okr. 1000 km^2 , ma 290 km długości i do 26 km szerokości.

Rzekę Missouri oprowadzi się prawą stroną za pomocą 4 sztolni żelbetowych i wyłożonych stalą po 7,95 m średnicy, o długości 5200 — 1600 m. Przelew, obliczony na 7000 m^3 , która to objętość przekracza największą wielką wodę dotychczas ob-

serwowaną, wykona się na prawym brzegu, w odległości 5 km od grobli. Będzie to wielki jaz Stoney'a o 16 zasuwach po $12,2 \times 7,5 m^2$.

Ponad stopą grobli od strony powietrza w wysokości 17 m ponad m. w. wykonano dla celów budowy stalowy most rusztowaniowy 4560 m długości, na którym przebiegają wozy kolejowe i drogowe, a prócz tego wykonano osobną linię kolejową. Powstało tu całe osiedle pod nazwą Fort Peck, a prądu do celów budowy dostarcza przewód wysokiego napięcia 470 km długości, na 154.000 V.

Uszczelnienie podłoża grobli wykonano zapomocą stalowej ściany szczelnej wbitej w grunt w osi grobli na 47,3 m głęboko, aż do zbitego łupku; wierzch tej ściany sięga jeszcze 6 m w spód grobli.

Kanalizacja Neckaru w Niemczech między Mannheim a Plochingen (209 km) dla statków 1200-tonowych, postępuje szybko naprzód; do chwili obecnej wykonano około 70% całości.

Nową służę komorową kanalizacji Wezery pod Hameln z powodu warunków lokalnych musiano złożyć w łuku o promieniu 1500 m. Służa ma 225 m użytecznej długości komory, która posiada jeszcze głowę pośrednią dla podziału jej na 2 części. Szerokość służy użyteczna wynosi 12 m, a faktyczna, z uwagi na potrzebne rozszerzenie w łuku, z uwzględnieniem statku 1000-tonowego o 80 m długości, 12,50 m. Mury komory podzielone są na osobne bloki 15–16 m długie, dla uniknięcia pęknięć z powodu zmian ciepłoty, a stosugi podziałowe są w specjalny sposób uszczelniona. (*Die Bautechnik*, zeszyt 26/36).
Dr. M. M.

Kronika techniczna

Niszczenie drzewostanu na globie ziemskim. Wszędzie, gdzie człowiek tworzył mocarne państwa, tam niszczył zalesienie, niebacząc na ujemne skutki tego, zamieniając olbrzymie obszary łądów w pustkowie kamieniste, lub piaszczyste, podlegające doraźnym zalewom wód. Tak się ma rzecz z Chinami, Azją zachodnią, Afryką północną i w ogóle wybrzeżami morza Śródziemnego. Wszystkie państwa Europy zachodniej cierpią na brak drewna użytkowego. Nawet Polska, uważana dawniej za kraj lesisty, od czasów wojny światowej posiada zalesienie procentowo mniejsze od Niemiec. Wymiszczenie lasów najbardziej charakterystycznie odbiło się na Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej, tym stosunkowo młodym organizmie państwowym.

Nieracjonalna gospodarka leśna doprowadziła tam do tego, że Stany Środkowe od North Dakota przez całą szerokość kontynentu do Teksasu i Zatoki meksykańskiej, niszczą powódzie, lub piaski lotne. Obszary, przez które ciągnęły się jak ocean łąny zbóż, leżą odłogiem i przedstawiają ponure, bezładne pustkowie niby zapomniane wielkie cmentarzysko. Pas ten pustkowie, obliczony na milion km^2 , trzy razy większy od obszaru Polski, postradał tylko w roku ubiegłym 550 milionów ton gleby urodzajnej. Olbrzymie lasy, bezmyślnie wyrzebane, lub spalone, nie mogły dalej służyć jako zbiorniki wilgoci i środek ochrony przeciw wiatrom. Wskutek tych katastrofalnych objawów przystąpiono do kolosalnych projektów, pomiędzy którymi ma być zasadzony pas lasów szeroki 150 km a długi ponad 2.000 km od Kanady do Zatoki Meksykańskiej.

Nieracjonalna gospodarka lasowa, wadliwość ustaw ochronnych doprowadza do tego, że ludzkość stanie wobec braku drzewa użytkowego, a powódzie i wichry będą niszczyły urodzajną ziemię. Na stan ten zwracano już uwagę na międzynarodowym Kongresie leśników w Paryżu r. 1900, ostrzegając przed lekkomyślną dewastacją lasów. (Melard: „Insuffisance de la production de bois d'oeuvre dans le monde“).

Pierwsza fabryka parowozów w Jugosławji powstaje jako przedsiębiorstwo państwowe w Kraljevje. Z końcem

roku 1936 będą gotowe jej wewnętrzne urządzenia i ustanożenie zamówienia parowozów zagranicą. (*Zeitschrift d. oesterr. Ingenieur u. Architekt. Vereins* 1/1936).

Stulecie kolei belgijskich. Dnia 5 maja 1835 nastąpiło w Belgji otwarcie pierwszej linii kolejowej do osobowego użytku publicznego między Brukselą a Malines. Była to właściwie pierwsza kolej publiczna na kontynencie Europejskim, gdyż niemiecka linja w Norymburgji do Fürth została otwarta wprawdzie w tym samym roku, ale dopiero w grudniu. Belgja należy dzisiaj do krajów o najgęściejszej sieci kolejowej, obejmującej 5.061 km o prześwicie normalnym, z czego tylko 275 km jest w rękach prywatnych.

Koleje te ucierpiały bardzo wiele w czasie wojny światowej, której owocem było zniszczenie 350 większych mostów i 359 dworców. Odbudowa została ukończona dopiero w r. 1930. („Organ f. d. Fortschritte des Eisenbahnwesens“ 3/1936).
Inż. A. W. Krüger.

Nekrologja

Ś. p. Józef Opolski, Dyrektor Departamentu byłego Ministerstwa Robót Publicznych, zmarł dnia 8-go lipca b. r. w Warszawie, po krótkiej chorobie. Przedwojenne pokolenie inżynierów państwowej i krajowej służby wodnej w Małopolsce, na Śląsku, Morawach, w Czechach i krajach alpejskich znało dobrze śp. Inż. Opolskiego, jako jednego z najlepszych inżynierów spraw wodnych i regulacji rzek; znali go również i koledzy ze służby wiślanej b. Warszawskiego Okręgu Komunikacji.



INŻ. JÓZEF ANTONI OPOLSKI

* 1865 † 1936

Urodzony w Tarnowie w r. 1865, śp. Inż. Opolski ukończył gimnazjum w Jarosławiu, po ukończeniu Wydziału Inżynierji lwowskiej Politechniki pracował w roku 1889 jako asystent śp. prof. Skibińskiego, przy katedrze budowy dróg, tuneli i kolei, poczem wstąpił do służby wodnej b. Namiestnictwa Galicyjskiego, pełniąc kolejno czynności inżyniera, początkowo w Kołomyjach, a następnie w okręgu wodnym w Nisku. Po pięcioletniej służbie w kraju został powołany do Ministerstwa Spraw Wewnętrznych w Wiedniu, co wówczas było słusznie uważane za prawdziwe i zasłużone wyróżnienie, bo w tym dziale służby protekcja bez osobistych kwalifikacyj zupełnie nie wystarczała. W Wiedniu pracował śp. Inż. Opolski początkowo w Centralnem Biurze Hydrograficznem Ministerstwa, później w Departamencie wodnym dla Galicji i Bukowiny, biorąc od r. 1912 również udział w pracach Międzynarodowej Komisji regulacji granicznych odcinków Wisły i Sanu. Przed wojną rosyjsko-japońską był przez rząd austriacki delegowany do zbadania programu prac na Polesiu. W r. 1912 został szefem Departamentu robót wodnych Galicji i Bukowiny w wiedeńskim Ministerstwie Robót Publicznych i Członkiem Komisji Regulacji rzek w Galicji, a w r. 1913 delegatem Ministerstwa Rob. Publ. w Komitecie odnowienia Wawelu; w tym roku został mianowany rzeczywistym Radcą Ministerjalnym.

W r. 1917 opuścił służbę wodną, obejmując w Ministerstwie Robót Publicznych nową Sekcję Odbudowy zniszczeń wojennych.

W r. 1918 po przewrocie politycznym w Austrii został polskim Komisarzem likwidacyjnym przy austr. Minist. Rob. Publ. (austr. Urząd Rob. publ. i Budowli), broniąc energicznie spraw rozrachunku z ziemianami b. Galicji i okupacji lubelskiej i w ostrem starciu z austriackim komisarzem nie dopuścił do powołania delegata ukraińskiego, dla zamierzonej osobnej likwidacji spraw wschodniej Małopolski.

W maju 1919 powołano śp. Inż. Opolskiego do Warszawy jako Szefa Sekcji Ogólnej Ministerstwa Robót Publicznych. W r. 1926 objął na życzenie ówczesnego Ministra Robót Publicznych kierownictwo Departamentu Budowlanego (Architektury), któremu poświęcił się z wielką gorliwością i ofiarnością i w czasie Jego urzędowania w tym Departamencie wydane zostało w r. 1928 prawo budowlane. W r. 1930 otrzymał, w uznaniu swoich zasług jako Dyrektor Departamentu, III stopień służbowy. — W r. 1931 z powodu osiągnięcia 65 roku życia przeszedł w stan spoczynku.

Śp. Inż. Opolski odznaczał się rzadko spotykaną pracowitością i szybkością trafnej decyzji. Dla podwładnych był nie tylko szefem, ale i najżyczliwszym ordynikiem i uczynnym i dobrym kolegą. Dlatego też był przez kolegów i podwładnych szanowany i lubiany.

Po przejściu w stan spoczynku pracował gorliwie w Lidze Morskiej i Kolonialnej i w Stowarzyszeniu Gospodarki Wodnej, gdzie na ostatnim Walnem Zebraniu, dnia 6 czerwca b. r., wygłosił referat o „organizacji administracji wodnej w Polsce“.

Śp. Inż. Opolski posiadał wiele wysokich odznaczeń, był Komandorem Orderu Odrodzenia Polski i jugosłowiańskiego orderu św. Sawy. Do Polskiego Towarzystwa Politechnicznego należał od roku 1889.

Cześć Jego pamięci!

Sprawy Towarzystwa

W sprawie szkolnictwa zawodowego. Na „Memorjał“ wystosowany do Pana Ministra W. R. i O. P. w sprawie Szkolnictwa zawodowego, ogłoszony następnie w Nr. 14 „Czasopisma Technicznego“ z dnia 25 lipca b. r. otrzymało P. T. P. wyjaśnienie niektórych spraw poruszonych w memorjale. Na wstępie Ministerstwo zaznacza, że w sprawie szkolnictwa zawodowego wydano ustawę „o ustroju szkolnictwa“ z dnia 11 marca 1932 r. i rozporządzenie „o organizacji szkolnictwa zawodowego“ z 21 listopada 1933 r. W dalszym ciągu nadmienia Ministerstwo, że „intencją ustawy o ustroju szkolnictwa jest wprowadzenie w całem szkolnictwie polskiem zasad, umożliwiających wychowanie i kształcenie ogółu na świadomych i twórczych obywateli Państwa, co ma szczególnie ważne znaczenie dla szkolnictwa zawodowego, przygotowującego fachowych pracowników dla życia gospodarczego. Ustawa ta ujęła poraz pierwszy w formy organizacyjno-prawne polskie szkolnictwo zawodowe, które otrzymawszy niezwykle ubogi

spadek po zaborcach, rozbudowało się zbyt pośpiesznie, bez głębiej przemyślanego planu, a więc poniekąd nawet chaotycznie, pod presją piętrzących się często doraźnych potrzeb, postępującego naprzód życia“.

Na wstępie wspomniane rozporządzenie Min. W. R. i O. P. jest rozwinięciem ustawy ustrojowej. Prace przygotowawcze do wydania tego rozporządzenia zawarte są w wydawnictwie Ministerstwa p. t.: „Materiały do organizacji szkolnictwa zawodowego“.

„Ustawa ustrojowa opracowana jest elastycznie i kształcenie pracowników zawodowych w ramach tej ustawy da się przeprowadzić na wszystkich stopniach i dla wszystkich zawodów, których potrzebuje życie gospodarcze“.

„Rozporządzenie o organizacji szkolnictwa zawodowego zbyt szczegółowo ujęło poszczególne typy szkół, stwarzając przez to ramy sztywne. Jeżeli jednak okaże się, że niektóre działy rozporządzenia nie odpowiadają potrzebom życia, będą one zmieniane“.

Następnie omawia referent poszczególne punkty memorjału P. T. P. ustosunkowując się do nich w myśl postanowień na wstępie przytoczonych ustawy i rozporządzenia i wreszcie kończy:

„Sprawa obrony kraju jest bardzo ważna i Ministerstwo dokłada wszelkich starań, by w programach nowych szkół zawodowych zagadnienie to znalazło należyty wyraz. W porozumieniu z miarodajnymi w tym kierunku czynnikami zrobiono już wiele i w niedalekiej przyszłości sprawa przygotowania zawodowego młodzieży do obrony kraju w dziedzinie przemysłu znajdzie się na zupełnie dobrej drodze.“

Ministerstwo uważa również, podobnie jak to zamieszczono w piśmie, za podstawowe warunki dobrego funkcjonowania szkolnictwa zawodowego — należyte wyposażenie szkół w możliwie najlepiej urządzone warsztaty oraz dobrane wartościowego personelu nauczycielskiego, rekrutującego się z pośród doświadczonych inżynierów, posiadających w danym dziale dłuższą praktykę zawodową. Zarówno urządzenie warsztatów, jak i należyte wyposażenie materialne doborowych sił nauczycielskich jest stałą troską Ministerstwa, które w tym kierunku stara się w ramach posiadanych kredytów przyjść szkołom z pomocą.

Ministerstwo nadmienia, że przekształcenie szkół zawodowych według nowego ustroju następuje w ścisłym porozumieniu z czynnikami gospodarczymi. Jeżeli okaże się, że niektóre, przewidywane w rozporządzeniu szkoły, nie odpowiadają potrzebom życia, będą, jak wyżej wspomniano, zmieniane na inne typy organizacyjne. Jednakże Ministerstwo musi mieć pozostawiony do dyspozycji pewien czas na krytyczne rozpatrzenie celowości danej szkoły zawodowej.

W końcu Ministerstwo zaznacza, że wnioski Polskiego Towarzystwa Politechnicznego, zawarte w memorjale, będą szczegółowo rozważane przy dalszej reorganizacji szkolnictwa zawodowego“.

Dla rozpatrzenia wyjaśnień i tez podanych przez Ministerstwo, będzie w pierwszych dniach września zwołane posiedzenie Komisji, która opracowała memorjał.

TREŚĆ: Inż. Tadeusz Włodek: Badania nad doбором kształtu małych próbek na udarność. — Inż. Marjan Popiel: Wzgórki na misczkach z niklomiedzi i sposoby ich uniknięcia. — Inż. Roman Czyżowski: Porównanie mechanicznej i elektrycznej regulacji wydajności pompy odśrodkowej napędzanej motorem elektrycznym. — Przegląd czasopism technicznych. — Kronika techniczna. — Nekrologja. Sprawy Towarzystwa.

„CZASOPISMO TECHNICZNE“ WYCHODZI 10-go i 25-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

Ceny ogłoszeń jednorazowych:

1/1 str. zł. 240; 1/2 str. zł. 140
1/4 „ „ 80; 1/8 „ „ 50
1/16 „ „ 30; 1/32 „ „ 20

Ogłoszenia na miejscach specjalnie rezerwowanych o 25% drożej. Dla ogłoszeń o zaopiniowaniu lub poszukiwaniu pracy opust 50%.

Adres Redakcji i Administracji:
Lwów, ul. Zimorowicza l. 9.

Telefon Redakcji 226—60. Telefon
Redaktora 117—75. Konto P. K. O.
151,857.

Przenumerata w kraju: rocznie
zł. 32; kwartalnie zł. 8.

Cena pojedynczego zeszytu zł. 1.60.

Przy ogłoszeniach powtarzanych udziela się następujących opustów:

| | |
|---------------|---------------|
| 2-krotnie 10% | 3-krotnie 12% |
| 4- „ 15% | 6- „ 20% |
| 10- „ 25% | 12- „ 30% |
| 18- „ 40% | 24- „ 50% |

Dla ogłaszających się stale, zmianą w tekstach ogłoszeń są bezpłatne