

J. CZOCHRALSKI

Metoda ilościowego oznaczania wtrąceń niemetalicznych *Méthode concernant la définition quantitative des inclusions non-métalliques*

TREŚĆ: Podano nowy sposób ilościowego ujmowania stopnia zanieczyszczenia stali wtrąceniami niemetalicznymi. Sposób ten polega na mikroskopowej obserwacji nietrawionych szlifów przy stokrotnym powiększeniu. Wtrącenia niemetaliczne charakteryzuje się zapomocą 3 liczb, z których jedna podaje ilość wtrąceń, spostrzeżonych na jednostce powierzchni szlif, druga wyraża średnią długość wtrąceń, trzecia zaś odnosi się do sumarycznej powierzchni wtrąceń w polu pomiarowym. Podano przykłady praktycznego zastosowania nowej metody, oraz szereg zdjęć typowych wtrąceń.

I. Uwagi ogólne.

Dawniejsze metody oznaczania stopnia zanieczyszczenia metali wtrąceniami niemetalicznymi nie polegają na ściśle ilościowym ujęciu wtrąceń, lecz opierają się na ich ocenie w mikroskopowym polu widzenia; odróżnia się przytem 4 stopnie zanieczyszczeń: zanieczyszczenia małe, normalne, dopuszczalne i niedopuszczalne.

Obecnie stosuje się metodę porównywania szlifów ze standardowymi wzorcami, bądź to w formie, podanej przez *Benedicks'a*¹⁾, bądź też w postaci mniej lub więcej zmodyfikowanej przez innych autorów. Przy stosowaniu tej metody *Benedicks* rozróżnia 10, inni autorzy do 25 stopni zanieczyszczeń.

Metoda *Benedicks'a* nadaje się do szerszego zastosowania, wymaga jednak ścisłego ujęcia i ujednostajnienia techniki pracy. Wyniki,

otrzymywane tą metodą, nie dają się ująć liczbowo; wyrażają się one w stopniach pewnej skali, przystosowanej do potrzeb produkcji i odbioru.

Dokładność metody *Benedicks'a* byłaby mimo to praktycznie zupełnie dostateczną, gdyby przy jej stosowaniu można było uwzględnić czynniki, oddziałujące bezpośrednio lub pośrednio na uzyskiwane wyniki. Wpływa na nie przede wszystkim sposób pobierania próbek, gdyż rozmieszczenie wtrąceń niemetalicznych we wlewku jest zawsze nierównomierne, a to na skutek nierównomiernego krzepnięcia, zależnie od doraźnego rozłożenia pola temperatur. W miarę postępu krzepnięcia stopniowo coraz więcej zanieczyszczeń niemetalicznych gromadzi się w środku wlewka. Wskutek tego części zewnętrzne są zawsze uboższe we wtrącenia niemetaliczne, zaś środek wlewka bardziej zanieczyszczony. Nierównomierność ta nie da się w praktycznej mierze usunąć ani przez obróbkę cieplną, ani też przez obróbkę plastyczną. Przy tej ostatniej wtrącenia niemetaliczne układają się w kierunku osi obróbki plastycznej, co przy pobieraniu próbek należy odpowiednio uwzględnić. Przez wykonanie dostatecznej ilości oznaczeń błąd, wynikający z nierównomierności materiału, staje się wielkością do pominięcia.

Istnieje jeszcze odrębna metoda sumarycznego oznaczania wtrąceń niemetalicznych, a to drogą elektrolitycznego rozpuszczania próbek w odpowiednich odczynnikach, opracowana przez *Benedicks'a*¹⁾ i uzupełniona przez innych

¹⁾ C. *Benedicks* a. H. *Löfquist*, Non-metallic inclusions in iron and steel, London 1930.

¹⁾ C. *Benedicks* a. R. *Treje*, Iron Steel Inst., 205 (1933).

autorów. Metoda ta odda prawdopodobnie duże usługi, umożliwiając ocenę ogólnej wartości wtrąceń w stali, jak również określenie charakteru i morfologii wtrąceń; z natury rzeczy natomiast nie uwzględni ona kwestji rozmieszczenia wtrąceń w gotowym wyrobie, co z punktu widzenia wartości konstrukcyjnych tworzywa jest jednak rzeczą konieczną. Wykonanie oznaczenia tą metodą wymaga około 6 do 10 godzin i to przez siły wysoce wykwalifikowane.

Wobec powyższego stanu rzeczy podjęto opracowanie metody, braków tych nieposiadającej, dającej wyniki w stosunkowo krótkim czasie, mogącej służyć jako sprawdzian ilościowego ujęcia stopnia zanieczyszczeń i wyrażającej je w liczbie, niezależnej od subiektywnych interpretacyj.

Metoda ta polega na obliczeniu zawartości wtrąceń niemetalicznych w pewnych przekrojach i to w takiej ilości oznaczeń, aby błąd, wynikający z nierównomierności materiału, stał się wielkością do pominięcia.

II. Zasady.

1) Obraz mikroskopowy przy stokrotnem powiększeniu przyjmuje się za realny, t. zn. stokrotny stopień powiększenia linjowego przyjmuje się za jednostkę, $V=1$.

2) Anizotropję materiału uwzględnia się w głównych przekrojach, jak następuje: wszystkie materiały kute, walcowane lub przeciągane, jak wogóle plastycznie obrabiane, bada się co najmniej w dwóch płaszczyznach geometrycznych, prostopadle i równolegle do kierunku osi obróbki plastycznej.

3) Przy wlewkach i odlewach pobiera się próbki zarówno z części środkowych, jak i zewnętrznych.

4) Badania mikroskopowe przeprowadza się kolejno na jednej i tej samej próbce na trzech głębokościach w odstępach 1 mm.

5) Wielkość szlifu powinna, o ile możliwości, wynosić $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$; pomiaru należy dokonywać w polu kwadratu o boku 0,75 mm w samym środku szlifu.

6) Pole widzenia na matówce otacza się kwadratem o boku 75 mm.

7) Wtrącenia niemetaliczne dzieli się na:

a) kropkowe, t. j. takie, których stosunek długości do szerokości jest równy lub bliski 1;

b) płatkowe, t. j. takie, których stosunek długości do szerokości jest większy od 1, a mniejszy lub równy 2;

c) pasmowe, t. j. takie, których stosunek długości do szerokości jest większy od 2. Dwa lub więcej wtrąceń pasmowych, ułożonych w jednym szeregu, stanowi wtrącenie łańcuskowe.

8) Za jednostkę wtrąceń przyjmuje się powierzchnię 1 mm^2 , widzianą na matówce, i oznacza ją symbolem jednostkowym J_c .

III. Wprowadzenie nowej metody.

Nowo opracowana metoda oznaczania wtrąceń niemetalicznych nadaje się do natychmiastowego wprowadzenia w użycie, natomiast ustalenie dopuszczalnych granic zanieczyszczeń powinno nastąpić ze współudziałem wszystkich czynników, związanych z fabrykacją i kontrolą materiałów. Otrzymane liczby będą się z natury rzeczy wahały w pewnych granicach, zależnych od jakości materiałów, jakoteż od charakteru wyrobów.

IV. Przepisy wykonawcze do metody oznaczania wtrąceń niemetalicznych w stali.

A. Próbk i szlify.

1) Ilość, wielkość i miejsce pobrania próbek dla pomiarów wtrąceń niemetalicznych należy ustalić w szczegółowych warunkach technicznych, zależnie od sposobu, wykonania, kształtu i przeznaczenia badanego elementu.

2) Każda próbka powinna posiadać jedną ścianę o kierunku prostopadłym, a drugą o kierunku równoległym do włókien.

3) Badania mikroskopowe przeprowadza się na trzech głębokościach w odstępach 1 mm.

4) Wielkość szlifów określają definitywnie szczegółowe warunki techniczne.

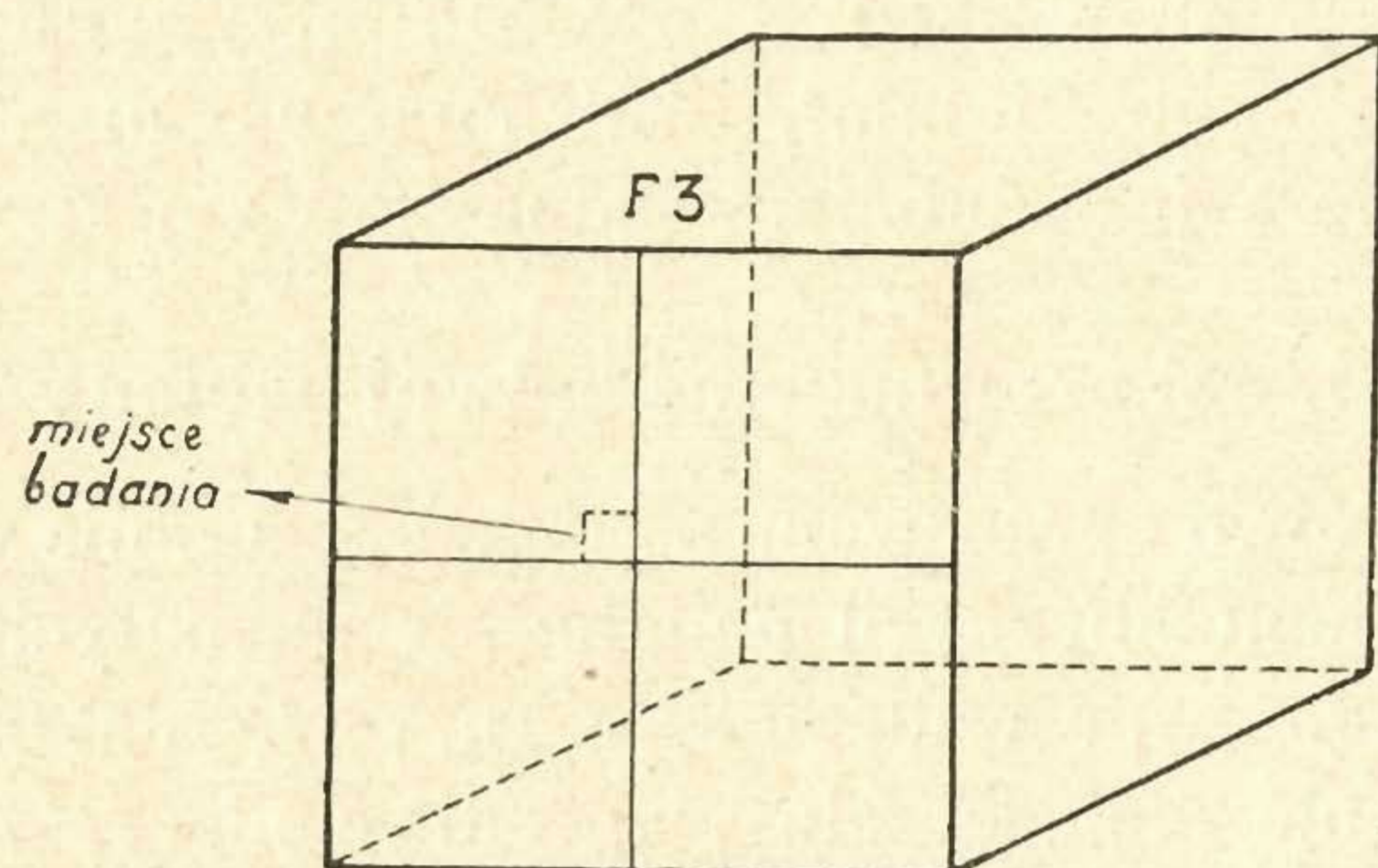
B. Wykonywanie pomiarów mikroskopowych.

1) Badania wykonywa się przy stokrotnem linjowem powiększeniu.

2) Na szlifie zaznacza się rysikiem dwie proste wzajemnie prostopadłe, przechodzące przez środek szlifu. Jedną z tych prostych prowadzi się w kierunku cechy, wybitej na poboczniczy próbki (patrz szkic rys. 1).

3) Pomiaru dokonywa się w obrębie kwadratu, którego boki o długości 75 mm (na

matówce) leżą na tych prostych wzajemnie prostopadłych i którego powierzchnia obejmuje część lewego górnego wycinka szlifu (rys. 1); ponadto należy przejrzeć, pole po polu, cały szlif i w podobny sposób wykonać drugi orientacyjny pomiar w miejscu największego skupienia wtrąceń na szlifie.



Rys. 1. Określenie miejsca pomiaru wtrąceń niemetalicznych na szlifie.

C. Obliczenia.

1) Na szlifie poprzecznym oblicza się ilość wtrąceń i sumę powierzchni wszystkich wtrąceń w polu pomiarowym, podając ją w J_c . Na szlifie podłużnym oznacza się ponadto w mm średnią długość wtrąceń. Wtrącenia łańcuskowe o przerwach poniżej dwóch średnich długości sąsiadujących wtrąceń uważa się za jedno wtrącenie nieprzerwane.

2) Wielkość powierzchni wtrącenia utożsamia się z polem prostokąta, opisanego na danym wtrąceniu.

3) Wszystkie wymiary linjowe zaokrągla się w górę do całkowitych mm.

4) Nie zalicza się wtrąceń, których największe wymiary linjowe nie przekraczają 1 mm.

D. Podawanie wyników.

1) Wynik pomiaru wyraża się w następujący sposób, np.: na szlifie poprzecznym: $28/50 J_c$, gdzie 28 jest ogólną ilością wtrąceń, 50 całkowitą powierzchnią wszystkich wtrąceń w polu pomiarowym; na szlifie podłużnym: $12/3/40 J_c$, gdzie 12 jest ogólną ilością wtrąceń, 3—średnią długością wtrąceń, 40—całkowitą powierzchnią wszystkich wtrąceń w polu pomiarowym.

2) Wyniki obu pomiarów, wykonanych podług p. B, 3, należy notować oddzielnie i dla każdego szlifu z osobna.

E. Przykład ogólny.

| Przedmiot (cecha) | Próbka | Warstwa | Wtrącenia | |
|----------------------|-------------------------------|---------|-----------------|---------------|
| | | | w środku szlifu | maksymalne |
| F. 3. | F. 3. a (szlif podłużny) | I | 2/12/38 J_c | 3/13/67 J_c |
| | | II | 12/4/66 J_c | 11/7/89 J_c |
| | | III | 9/5/69 J_c | 12/6/88 J_c |
| | | Średnio | 8/7/58 J_c | 9/9/81 J_c |
| | F. 3. b (szlif poprzeczny) | I | 18/60 J_c | 21/75 J_c |
| | | II | 14/49 J_c | 17/82 J_c |
| | | III | 22/71 J_c | 16/90 J_c |
| | | Średnio | 18/60 J_c | 21/82 J_c |

F. Przykłady praktyczne.

| Przedmiot (cecha) | Przekrój | Warstwa | Wtrącenia | |
|------------------------|------------------------|---------|-----------------|----------------|
| | | | w środku szlifu | maksymalne |
| Stal 244 M | podłużny ¹⁾ | I | 3/2/6 J_c | 3/2/16 J_c |
| | | II | 2/1/2 J_c | 3/2/17 J_c |
| | | III | 0/0/0 J_c | 2/4/32 J_c |
| | | Średnio | 2/1/3 J_c | 3/3/22 J_c |
| Stal 847 K | podłużny ¹⁾ | I | 2/1/2 J_c | 2/8/35 J_c |
| | | II | 7/2/90 J_c | 7/2/90 J_c |
| | | III | 2/1/2 J_c | 1/14/196 J_c |
| | | Średnio | 4/1/31 J_c | 3/8/107 J_c |
| Stal 389 A | podłużny ¹⁾ | I | 7/1/7 J_c | 11/5/86 J_c |
| | | II | 11/1/11 J_c | 5/2/20 J_c |
| | | III | 4/1/5 J_c | 7/1/7 J_c |
| | | Średnio | 7/1/8 J_c | 8/3/37 J_c |
| Stal MAa ²⁾ | podłużny | I | 17/2/28 J_c | 7/8/87 J_c |
| | | II | 13/1/15 J_c | 17/8/352 J_c |
| | | III | 15/1/19 J_c | 26/2/50 J_c |
| | | Średnio | 15/1/21 J_c | 17/6/163 J_c |
| | poprzeczny | I | 6/6 J_c | 15/1415 J_c |
| | | II | 8/101 J_c | 6/743 J_c |
| | | III | 6/405 J_c | 21/682 J_c |
| | | Średnio | 7/171 J_c | 14/947 J_c |

¹⁾ Stale, ze względu na małą zawartość wtrąceń i wysoki stopień przekucia, były badane wyłącznie na przekrojach podłużnych.

²⁾ Stal thomasowska.

Rys. 2 do 7 (Pl. VI i VII) przedstawiają mikrografje typowych wtrąceń niemetalicznych (szlify nietrawione, powiększenie linjowe 100×).

Warszawa, 1935.

Instytut Metalurgji i Metaloznawstwa
Politechniki Warszawskiej.