	<p style="text-align: center;">POLITECHNIKA LUBELSKA WYDZIAŁ MECHANICZNY KATEDRA INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ</p>	<p style="text-align: center;">Laboratorium Inżynierii Materiałowej ĆWICZENIE Nr 5</p>
<p>Akceptował: Kierownik Katedry prof. dr hab. B. Surowska</p>		<p>Opracował: dr inż. Sławomir Szewczyk</p>

I. Temat ćwiczenia: **Struktury i właściwości stali w stanie wyżarzonym.**

II. Cel ćwiczenia: Przeprowadzenie identyfikacji struktury stali w stanie wyżarzonym na podstawie obserwacji mikroskopowych, poszukiwanie związków między budową strukturalną a właściwościami stali.

III. Ważniejsze pytania kontrolne:

1. Narysować i opisać pola wykresu Fe-Fe₃C (żelazo-cementyt)
2. W oparciu o wykres żelazo-cementyt narysować i opisać krzywe chłodzenia dla stopów o zawartości: 0,05% C, 0,15% C, 0,30% C, 0,60% C, 0,80% C, 1,2% C, 3,5% C i 5,0% C
3. Właściwości ferrytu, perlitu, austenitu, cementytu i ledeburytu oraz charakterystyczne cechy tych faz i składników strukturalnych obserwowane po wytrawieniu na zglądach metalograficznych
4. Fazy i składniki strukturalne występujące w stalach: podeutektoidalnych, eutektoidalnych i nadeutektoidalnych
5. Wpływ budowy strukturalnej na właściwości mechaniczne stali
6. Podział stali według metod ich wytapiania i odtleniania
7. Wpływ domieszek na właściwości stali węglowych
8. Wpływ pierwiastków stopowych na zakres występowania austenitu
9. Klasyfikacja i znakowanie stali według Polskich Norm (PN-EN)
10. Budowa i zasada działania mikroskopu świetlnego
11. Zasady doboru powiększeń przy obserwacji na mikroskopie metalograficznym.

IV. Literatura:

1. Przybyłowicz K.: Metaloznawstwo. WNT, Warszawa 2007.
2. Blicharski M.: Wstęp do inżynierii materiałowej. WNT, Warszawa 2006.
3. Praca zbior. pod red. A. Werońskiego: Ćwiczenia laboratoryjne z inżynierii materiałowej. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2002.
4. Dobrzański L. A.: Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe, podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. WNT, Warszawa 2006.
5. Blicharski M.: Inżynieria materiałowa, stal. WNT, Warszawa 2013.

V. Przebieg ćwiczenia:

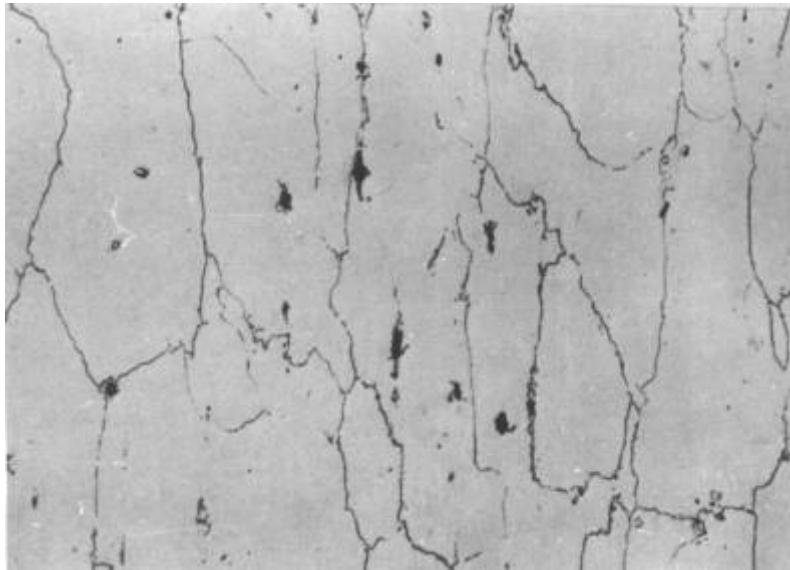
1. Materiały i urządzenia do badań
 - 1.1. Komplet zglądów metalograficznych stali w stanie wyżarzonym
 - 1.2. Mikroskop metalograficzny
 - 1.3. Atlas struktur
 - 1.4. Instrukcja obsługi mikroskopu.
2. Przebieg badań

Przed rozpoczęciem ćwiczenia student obowiązkowo **zapoznaje się z zaleceniami instrukcji BHP**. Prowadzący zajęcia sprawdza opanowanie wiadomości podanych w instrukcji BHP i znajomość problematyki badawczej. Po dopuszczeniu do wykonania ćwiczenia należy wykonać następujące czynności:

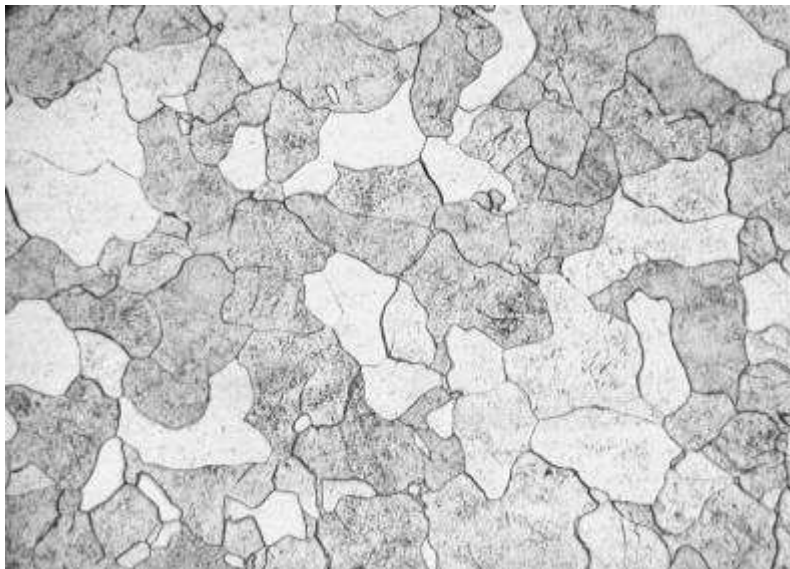
 - 2.1. Włączyć oświetlenie mikroskopu i sprawdzić jego działanie. Dobrać odpowiednie powiększenia
 - 2.2. Dokonać przeglądu struktur wszystkich zglądów metalograficznych znajdujących się w komplecie i przeprowadzić ich identyfikację na podstawie atlasu struktur
 - 2.3. W przypadku nierozpoznanych mikrostruktur przeprowadzić dyskusję z prowadzącym zajęcia
 - 2.4. Oszacować właściwości mechaniczne stali węglowych, z których pochodzą zglądy na podstawie ich budowy strukturalnej
 - 2.5. Zamieścić w sprawozdaniu mikrostruktury stali w stanie wyżarzonym wskazane przez prowadzącego zajęcia.
3. Opracowanie sprawozdania

Sprawozdanie z przeprowadzonych badań powinno zawierać:

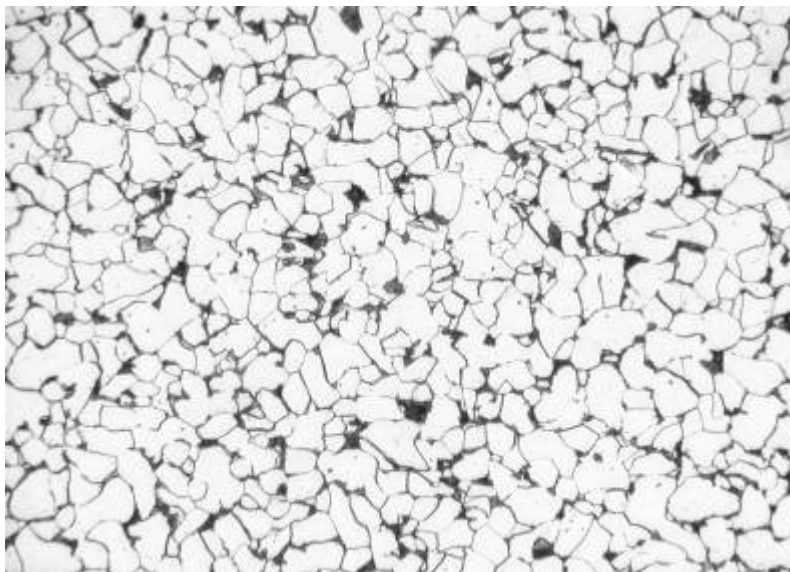
 - 3.1. Cel badań, przedmiot badań, spis literatury
 - 3.2. Sposób przygotowania próbek
 - 3.3. Odczynniki do trawienia
 - 3.4. Typ mikroskopu metalograficznego, rodzaj oświetlenia
 - 3.5. Dobór powiększeń, powiększenie użyteczne
 - 3.6. Rysunki obserwowanych mikrostruktur i ich opis
 - 3.7. Wnioski dotyczące związków między budową strukturalną a właściwościami stali w stanie wyżarzonym.
4. Materiały uzupełniające
 - 4.1. Atlas mikrostruktur stali w stanie wyżarzonym (rys. 5.1÷5.18)
 - 4.2. Wzór protokołu badań mikroskopowych.



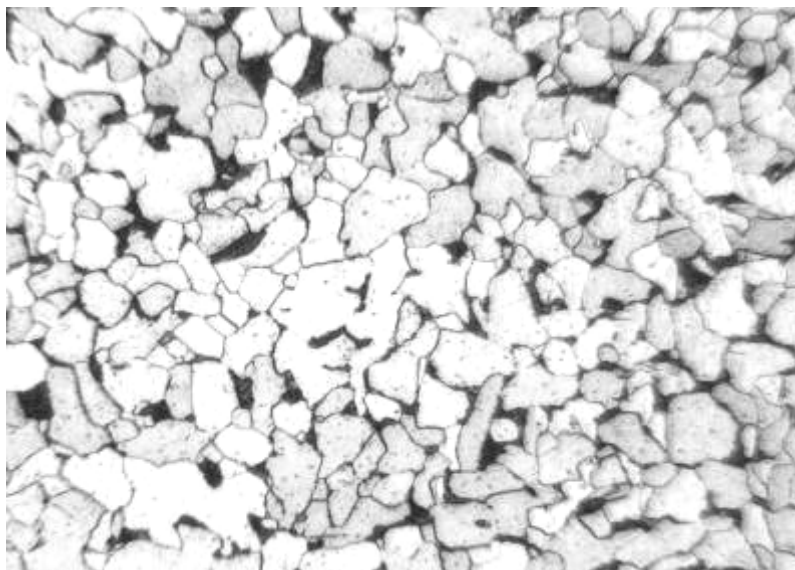
Rys. 5.1.
Mikrostruktura żelaza technicznego Armco ($C = 0,03\%$). Widoczny ferryt o wydłużonych ziarnach, na skutek obróbki plastycznej na zimno. Na tle ferrytu widoczne ciemne wydzielenia wtrąceń niemetalicznych. Trawiono 3% nitałem. Pow. $200\times$



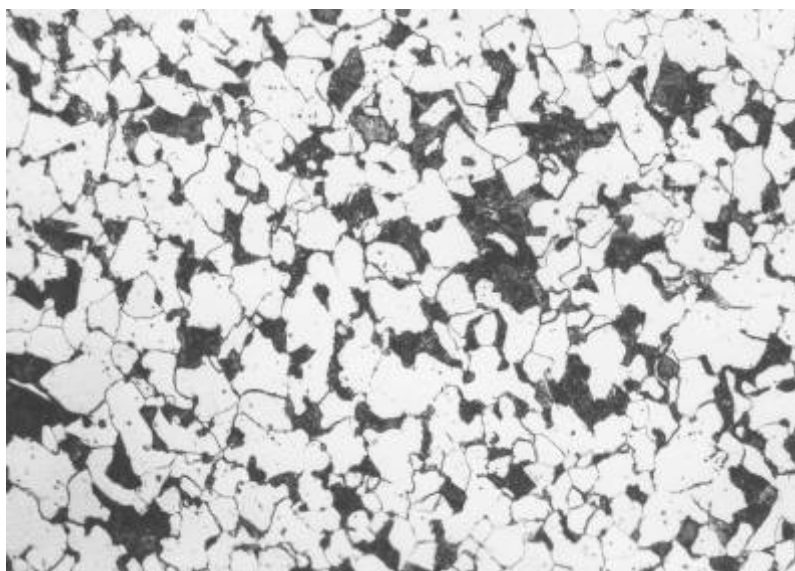
Rys. 5.2.
Mikrostruktura żelaza elektrolitycznego ($C = 0,02\%$) w stanie wyżarzonym. Widoczne równosiowe ziarna ferrytu (o różnym stopniu szarości w wyniku silnego wytrawienia) oraz pojedyncze drobne wydzielenia cementytu trzeciorzędowego. Trawiono 3% nitałem. Pow. $200\times$



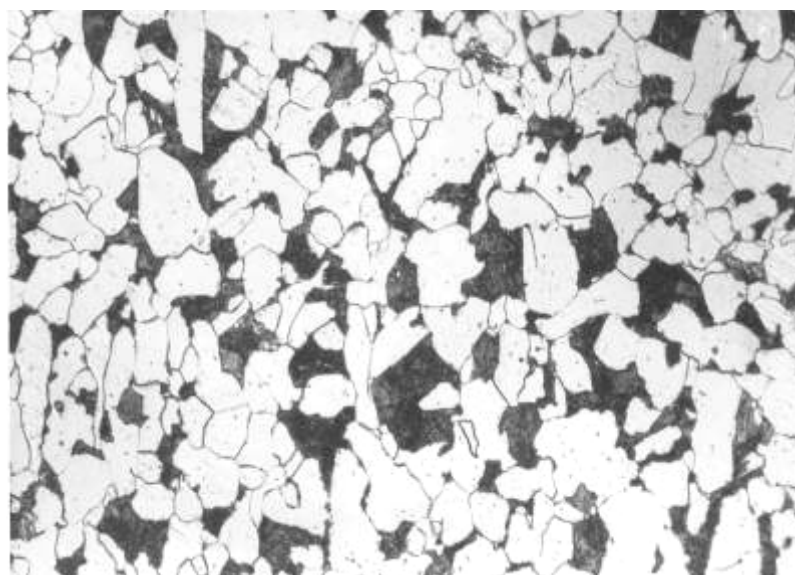
Rys. 5.3.
Mikrostruktura stali niestopowej gatunek C10 po wyżarzaniu normalizującym. Widoczne jasne ziarna ferrytu i ciemne ziarna perlitu. Trawiono 3% nitałem. Pow. $200\times$



Rys. 5.4.
Mikrostruktura stali konstrukcyjnej gatunek S235J2 o zawartości C = 0,13%, po wyżarzaniu normalizującym. Widoczne jasne ziarna ferrytu i ciemne ziarna perlitu.
Trawiono 3% nitałem.
Pow. 250×



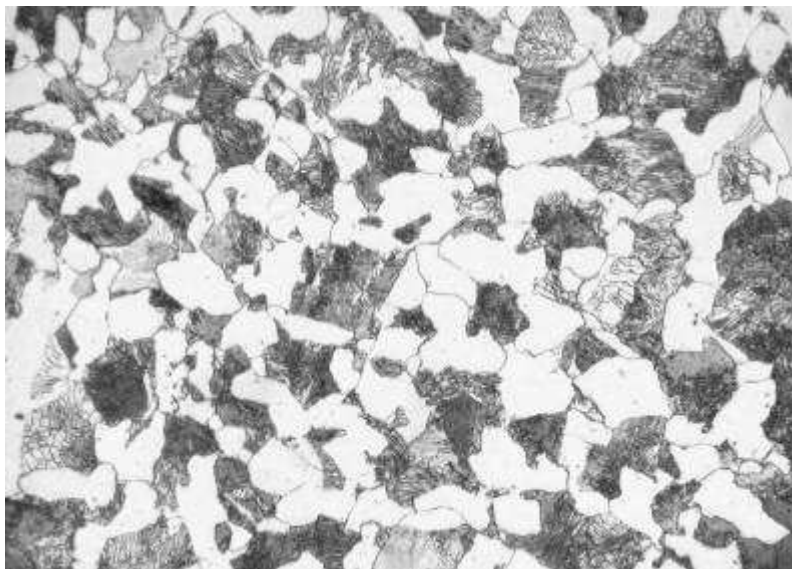
Rys. 5.5.
Mikrostruktura stali maszynowej gatunek E335 po wyżarzaniu normalizującym. Widoczne jasne ziarna ferrytu i ciemne ziarna perlitu.
Trawiono 3% nitałem.
Pow. 250×



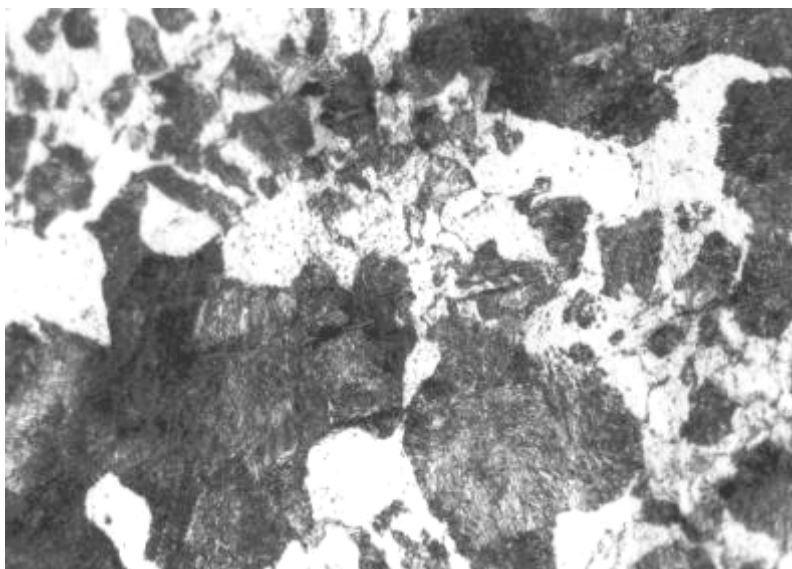
Rys. 5.6.
Mikrostruktura stali podutektoidalnej o zawartości C = 0,26%, po wyżarzaniu normalizującym. Widoczne jasne ziarna ferrytu i ciemne perlitu.
Trawiono 3% nitałem.
Pow. 250×



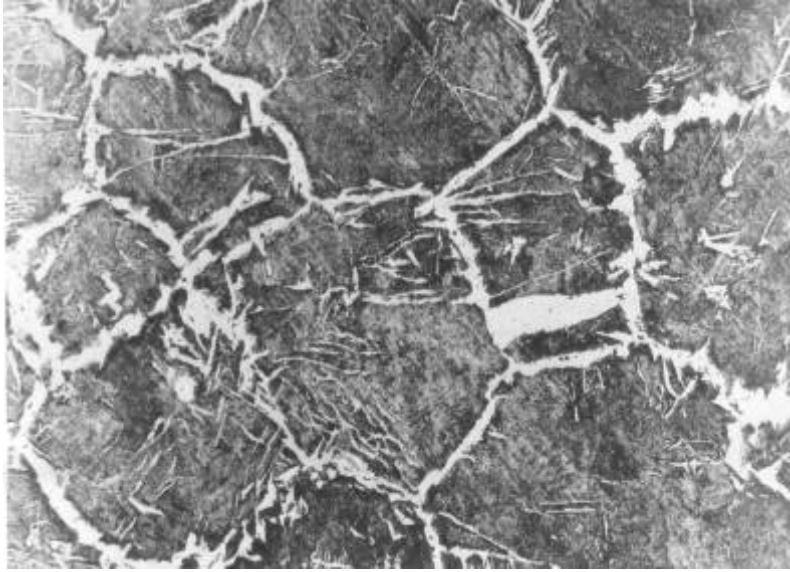
Rys.5.7.
Mikrostruktura stali podeutekto-
idalnej gatunek C30 po walco-
waniu na gorąco. Widoczne
ciemne ziarna perlitu i jasne fer-
rytu ułożone pasmowo, na sku-
tek zbyt niskiej temperatury wal-
cowania na gorąco.
Trawiono 3% nitaliem.
Pow. 300×



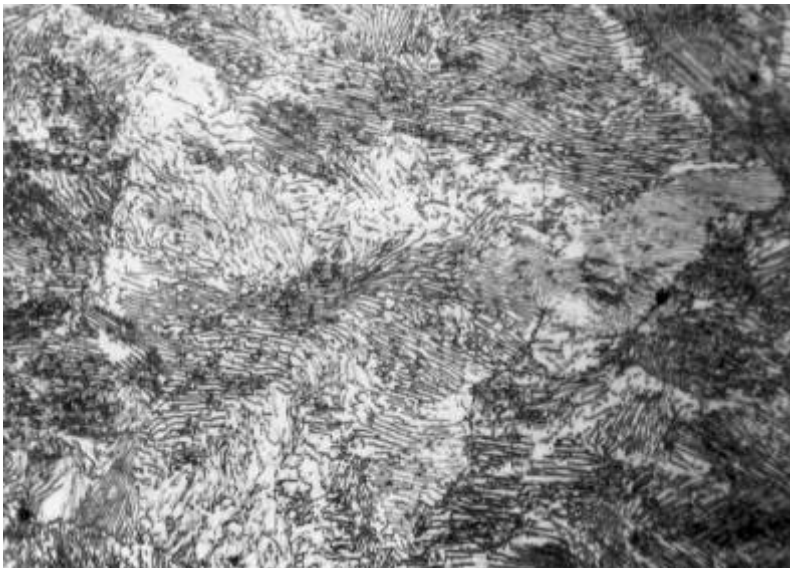
Rys.5.8.
Mikrostruktura stali podeutekto-
idalnej gatunek C40 po wyża-
rzaniu normalizującym. Wi-
doczne jasne ziarna ferrytu i
ciemne perlitu.
Trawiono 3% nitaliem.
Pow. 300×



Rys.5.9.
Mikrostruktura stali gatunek C55
po wyżarzaniu zupełnym. Wi-
doczne ciemne ziarna perlitu i
jasne ziarna ferrytu.
Trawiono 3% nitaliem
Powiększenie 300x



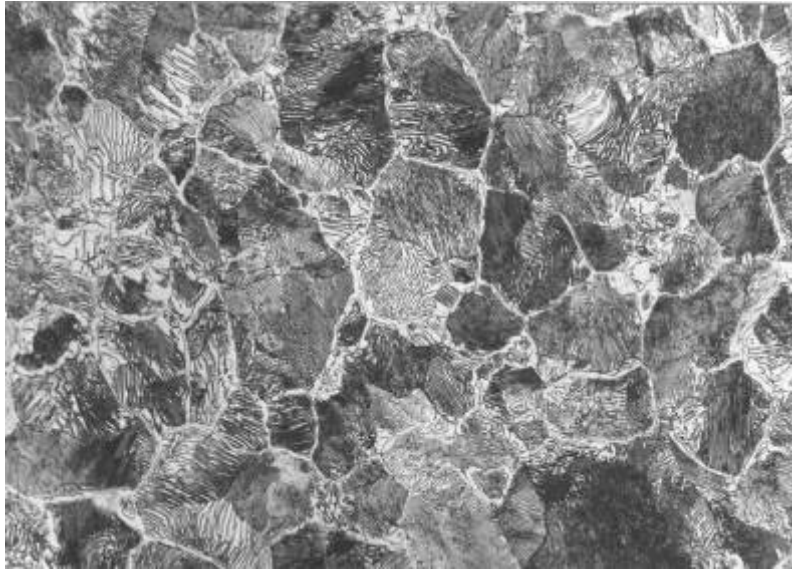
Rys.5.10.
Mikrostruktura stali o zawartości $C = 0,7\%$. Jasna siatka ferrytu wykazującego iglaste rozwinięcie typowe dla struktury Widmannstättena. Ciemny perlit. Trawiono 3% nitałem
Powiększenie 300x



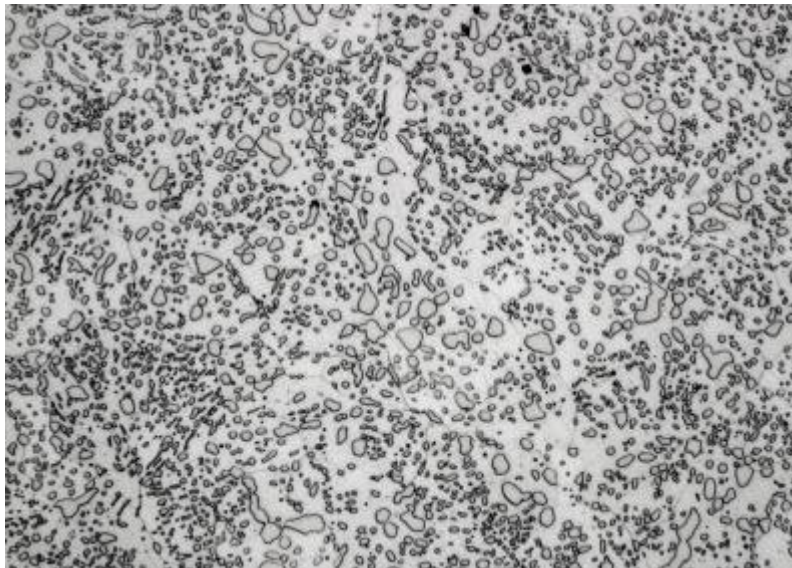
Rys.5.11.
Typowa mikrostruktura stali eutektoidalnej ($C = 0,8\%$) w stanie wyżarzonym, widoczny perlit płytkowy. Trawiono 3% nitałem
Powiększenie 300x



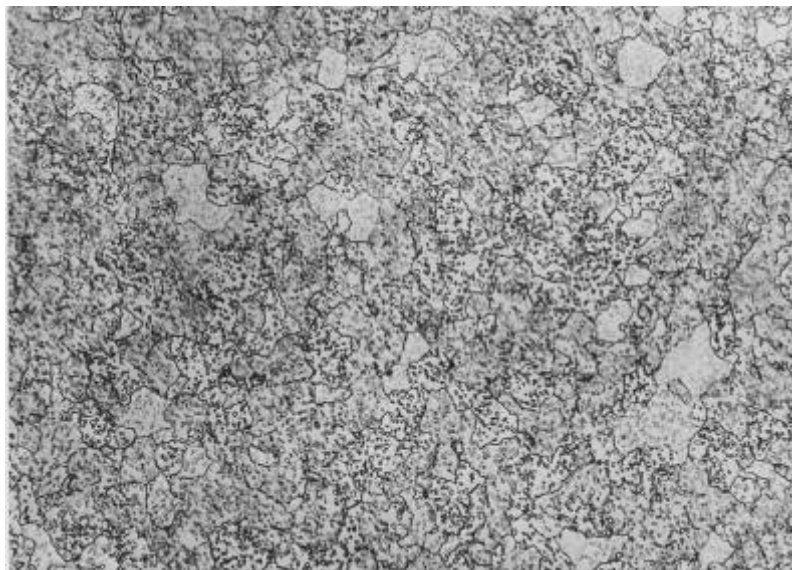
Rys.5.12.
Mikrostruktura stali niestopowej narzędziowej do pracy na zimno, gatunek C80U ($C = 0,81\%$) w stanie wyżarzonym. Perli płytkowy. Trawiono 3% nitałem
Powiększenie 300x



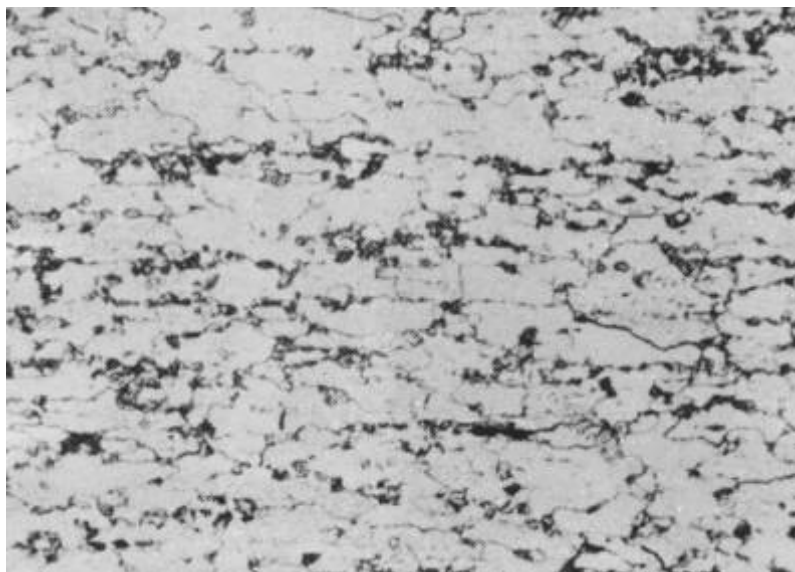
Rys.5.13.
Mikrostruktura stali nadeutekto-
idalnej ($C = 1,3\%$) w stanie wy-
żarzonym. Perlit z jasną siatką
cementytu drugorzędowego na
graniach ziaren.
Trawiono 3% nitałem
Powiększenie 250x



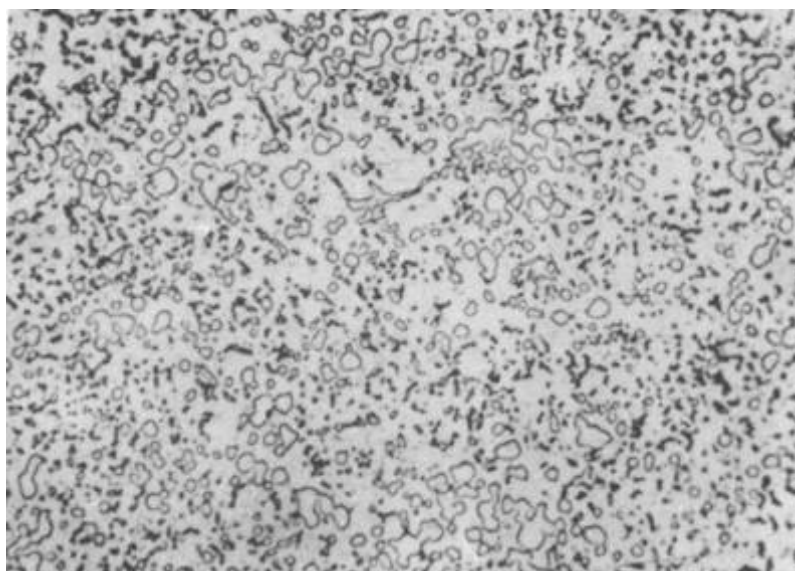
Rys.5.14.
Mikrostruktura stali nadeutekto-
idalnej ($C = 1,1\%$) po wyżarza-
niu sferoidyzującym (zmiękcza-
jącym). Widoczny cementyt kul-
kowy na tle ferrytu (sferoidyt).
Trawiono 3% nitałem
Powiększenie 500x



Rys.5.15.
Stal łożyskowa gatunek 100Cr6
($C = 1,05\%$, $Cr = 1,47\%$) po wy-
żarzeniu sferoidyzującym. Wi-
doczny drobny cementyt kulko-
wy na tle ferrytu (sferoidyt).
Trawiono 3% nitałem
Powiększenie 400x



Rys. 5.16.
Stal odporna na korozję gatunek X12Cr13 w stanie wyżarzonym. Widoczne jasne ziarna ferrytu stopowego i ciemne wydzielienia perlitu. Trawiono 3% nitałem. Powiększenie 200x



Rys.5.17.
Stal odporna na korozję gatunek X105CrMo17 w stanie wyżarzonym. Widoczne sferoidalne węgliki chromu na tle ferrytu stopowego. Trawiono roztworem FeCl_3 w alkoholu. Powiększenie 400x



Rys.5.18.
Stal odporna na korozję gatunek X6CrNiTi18-10. Widoczne równoosiowe ziarna austenitu z bliźniakami wyżarzania. Traw. wodą królewską (3 cz. HCl +1cz. HNO_3). Powiększenie 300x