

4. Wyniki badań uzupełniających własności stali szybkotnących

4.1. Wyniki badań twardości

Pomiarów twardości stali w skali C Rockwella dokonano na przekroju próbek poddanych uprzednio badaniu współczynnika K_{Ic} , wykonując po 15-25 pomiarów. Wyniki badań dla każdej z badanych stali zestawiono w tabelach 8-10, a ich graficzną prezentację na rysunkach 10-12. Wartości odchylenia standardowego pomiaru twardości nie przekraczały w żadnym przypadku 0,6 HRC.

Tabela 8

Wyniki badania twardości stali HS 6-5-2

Temperatura austenitizowania T_a , °C	Temperatura odpuszczania T_o , °C		
	500	550	580
	Twardość, HRC		
1150	62,06	63,58	60,45
1180	65,25	65,58	63,64
1225	65,57	66,15	63,71

Tabela 9

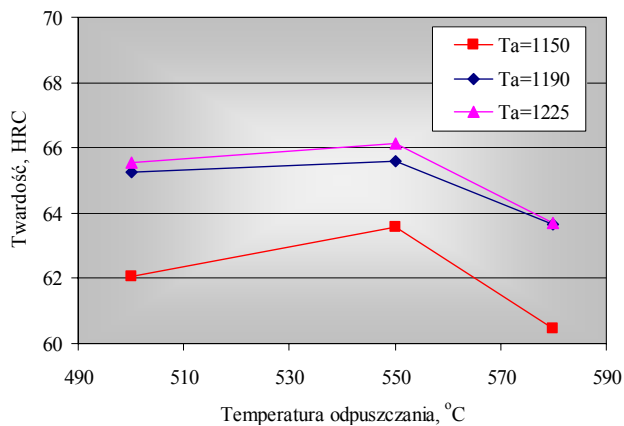
Wyniki badania twardości stali HS 18-0-1

Temperatura austenitizowania T_a , °C	Temperatura odpuszczania T_o , °C		
	520	550	580
	Twardość, HRC		
1180	65,37	65,3	63,3
1220	66,515	66,59	65,36
1255	66,16	66,87	65,92
1280	66,53	67,05	66,44

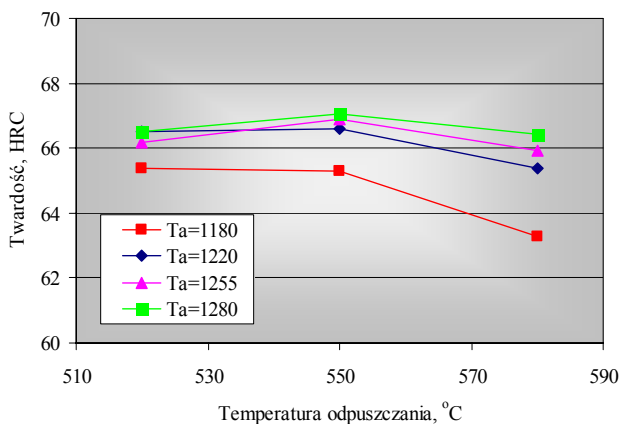
Tabela 10

Wyniki badania twardości stali HS 10-4-3-10

Temperatura austenitizowania T_a , °C	Temperatura odpuszczania T_o , °C		
	540	560	580
	Twardość, HRC		
1180	66,53	66,89	65,94
1200	66,87	67,39	66,17
1225	67,98	68,31	67,56
1240	68,52	68,54	67,49

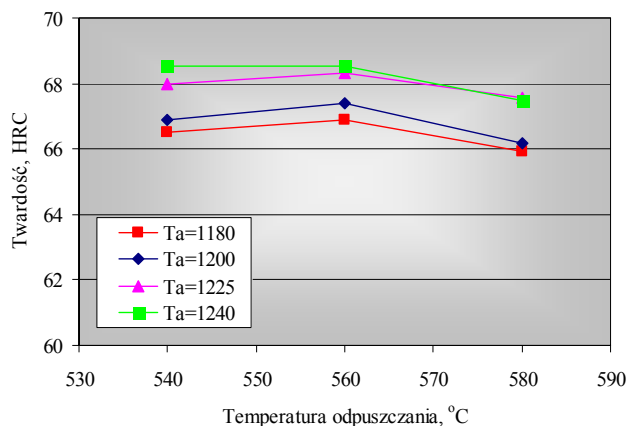


Rys. 10. Wyniki badania twardości stali HS 6-5-2



Rys. 11. Wyniki badania twardości stali HS 18-0-1

4. Wyniki badań uzupełniających własności stali szybkotnących



Rys. 12. Wyniki badania twardości stali HS 10-4-3-10

4.2. Wyniki badań współczynnika intensywności naprężeń K_{Ic}

Odporność na pękanie w płaskim stanie odkształcenia, wyrażana jest najczęściej wartością współczynnika K_{Ic} . W przypadku badanych próbek zastosowano karb typu Chevron, a pomiaru dokonano na trzech próbkach dla każdego wariantu obróbki cieplnej. Wyniki badań dla każdej z badanych stali zestawiono w tabelach 11-13. Otrzymane wyniki badań graficznie przedstawiono na rysunku 13-15. Ponadto na rysunkach 16-26 przedstawiono porównanie twardości oraz wartości współczynnika K_{Ic} dla badanych stali.

Tabela 11

Wyniki badania t współczynnika K_{Ic} stali HS 10-4-3-10

Temperatura austenizowania T_a , °C	Temperatura odpuszczenia T_o , °C		
	540	560	580
	Współczynnik intensywności naprężeń K_{Ic} . $MPa \cdot m^{1/2}$		
1180	11,95	11,35	12,7
1200	11,8	10,8	12,23
1225	11,3	10,53	11,4
1240	11,2	10,87	11,67

Tabela 12

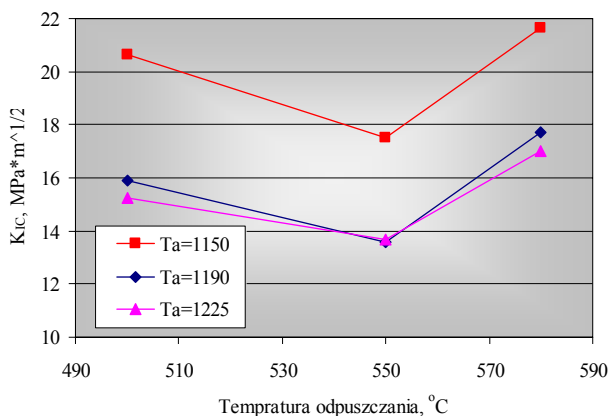
Wyniki badania współczynnika K_{Ic} stali HS 6-5-2

Temperatura austenitowania T_a , °C	Temperatura odpuszczenia T_o , °C		
	500	550	580
	Współczynnik intensywności naprężeń K_{Ic} . MPa·m ^{1/2}		
1150	20,63	17,53	21,63
1180	15,9	13,6	17,7
1225	15,23	13,67	17

Tabela 13

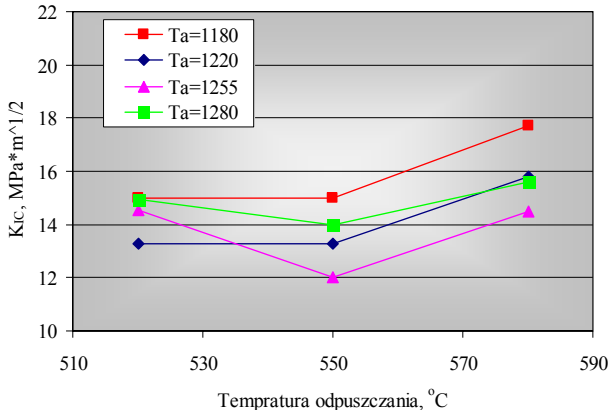
Wyniki badania współczynnika K_{Ic} stali HS 18-0-1

Temperatura austenitowania T_a , °C	Temperatura odpuszczenia T_o , °C		
	520	550	580
	Współczynnik intensywności naprężeń K_{Ic} . MPa·m ^{1/2}		
1180	14,97	14,97	17,7
1220	13,3	13,3	15,8
1255	14,53	12,03	14,5
1280	14,93	13,97	15,6

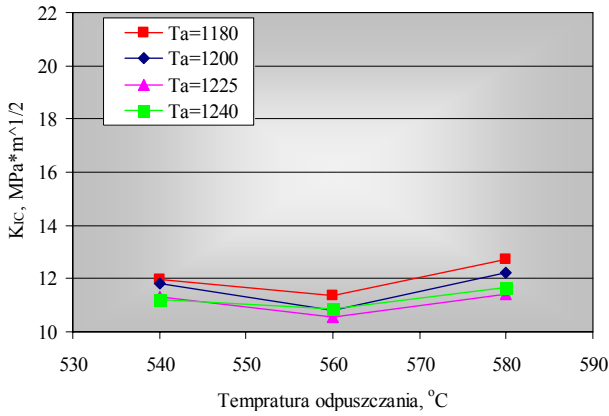


Rys. 13. Wyniki badania współczynnika K_{Ic} stali HS 6-5-2

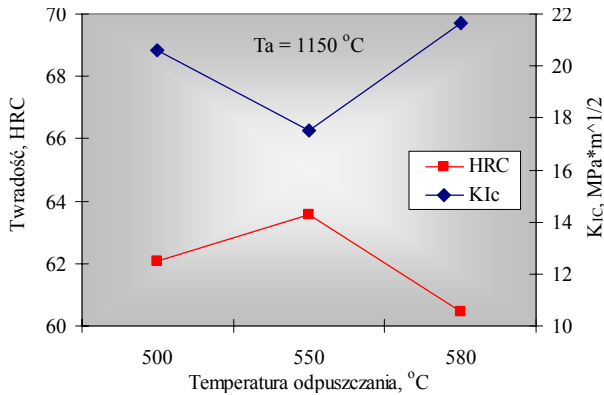
4. Wyniki badań uzupełniających własności stali szybkoctących



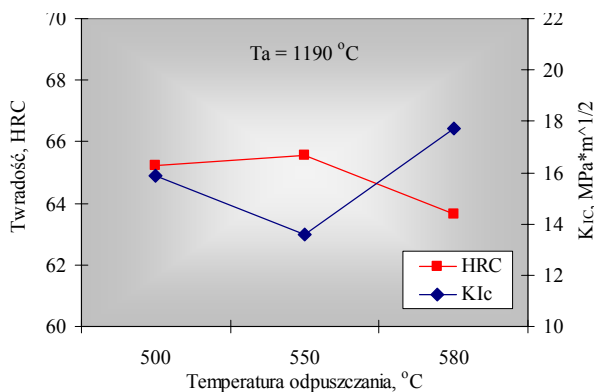
Rys. 14. Wyniki badania współczynnika K_{Ic} stali HS 18-0-1



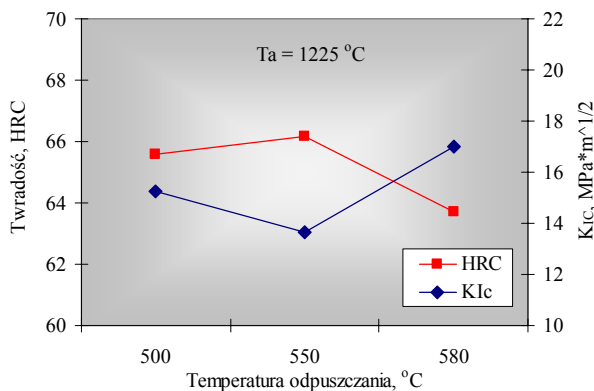
Rys. 15. Wyniki badania współczynnika K_{Ic} stali HS 10-4-3-10



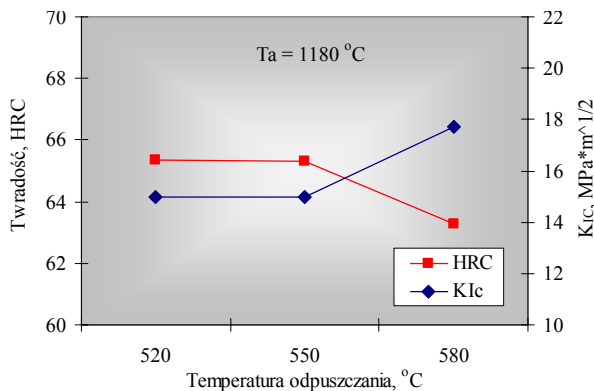
Rys. 16. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{Ic} dla stali HS 6-5-2, temperatura austenitzowania $T_a=1150$ °C



Rys. 17. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{1c} dla stali HS 6-5-2, temperatura austenizowania $T_a=1190$ °C

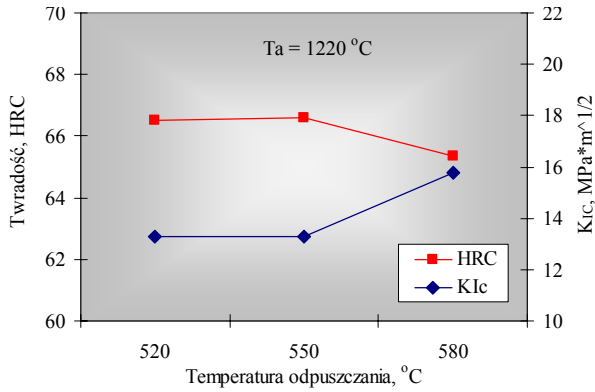


Rys. 18. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{1c} dla stali HS 6-5-2, temperatura austenizowania $T_a=1225$ °C

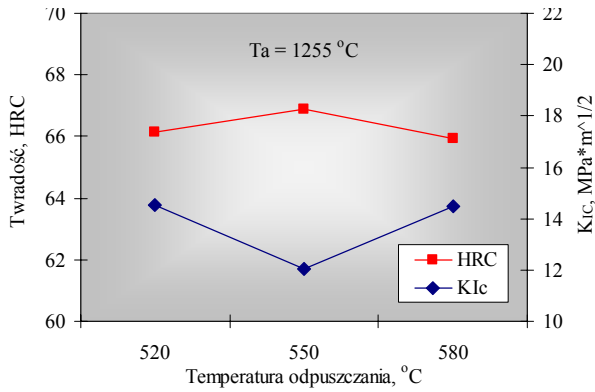


Rys. 19. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{1c} dla stali HS 18-0-1, temperatura austenizowania $T_a=1180$ °C

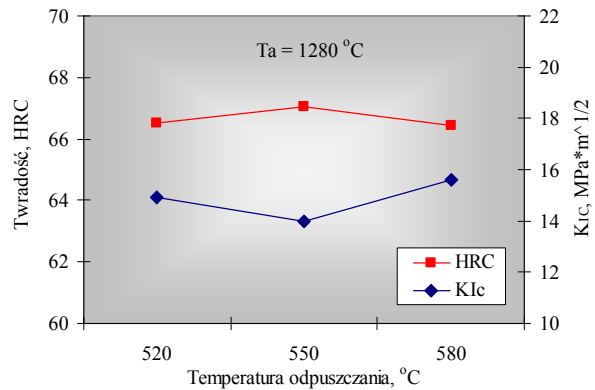
4. Wyniki badań uzupełniających własności stali szybkoctących



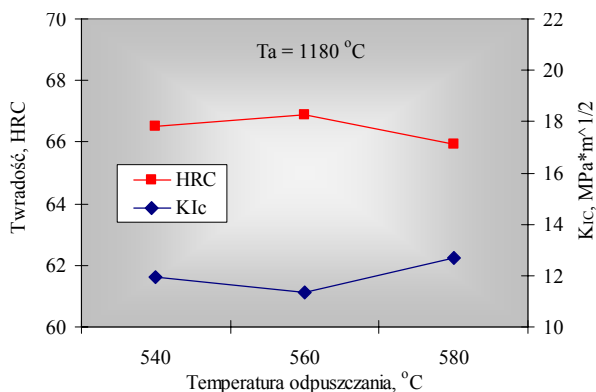
Rys. 20. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{Ic} dla stali HS 18-0-1, temperatura austenitzowania $T_a=1220\text{ °C}$



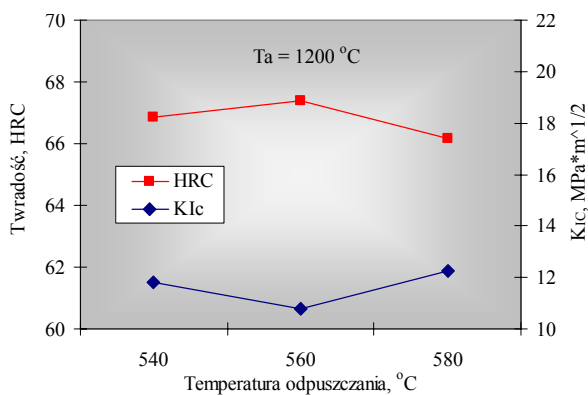
Rys. 21. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{Ic} dla stali HS 18-0-1, temperatura austenitzowania $T_a=1255\text{ °C}$



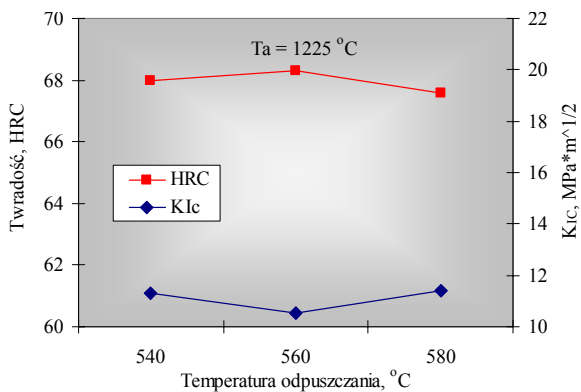
Rys. 22. Porównanie badań twardości oraz współczynnika K_{Ic} dla stali HS 18-0-1, temperatura austenitzowania $T_a=1280\text{ °C}$



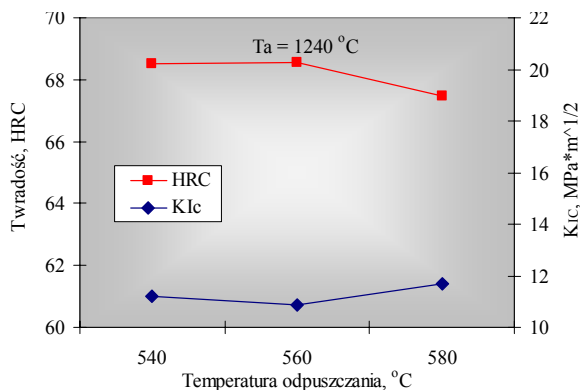
Rys. 23. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{Ic} dla stali HS 10-4-3-10, temperatura austenizowania $T_a=1180$ °C



Rys. 24. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{Ic} dla stali HS 10-4-3-10, temperatura austenizowania $T_a=1200$ °C



Rys. 25. Porównanie badań twardości oraz współczynnika K_{Ic} dla stali HS 10-4-3-10, temperatura austenizowania $T_a=1225$ °C



Rys. 26. Porównanie twardości oraz współczynnika K_{1c} dla stali HS 10-4-3-10, temperatura austenizowania $T_a=1240$ °C

4.3. Badania struktury

Celem przeprowadzonych badań struktury było ustalenie udziału objętościowego węglików pierwotnych oraz ich średniej wielkości. W tym celu wykorzystano zdjęcia nietrawionych struktur stali z mikroskopu skaningowego, wykonane przy użyciu elektronów wstecznie rozproszonych BSE. Oceny udziału węglików dla każdej ze stali oraz dla każdego wariantu obróbki cieplnej dokonano w oparciu o analizę 15 obrazów. Wykorzystano do tego celu komputerowy system analizy obrazu Leica QWin.

Zestawienie uzyskanych wyników oceny udziału węglików dla każdej ze stali przedstawiono w tabelach 14-16 oraz na rysunkach 27-29. Przykładowe struktury uzyskane w mikroskopie skaningowym zaprezentowano na rysunkach 30-32, zaś zaobserwowane na mikroskopie świetlnym na rysunkach 33-35.

Tabela 14
Wyniki badania udziału węglików pierwotnych w stali HS 6-5-2

Temperatura austenitzowania, °C	Temperatura odpuszczania, °C	Udział węglików, %	Odchylenie standardowe	Średnia wielkość węglików, μm
1150	500	15,4	0,59	1,17
	550	12,9	0,52	1,38
	580	15,9	0,76	1,06
1180	500	10,4	0,55	1,33
	550	10,2	0,32	1,39
	580	9,7	0,22	1,42
1225	500	10,8	0,41	0,97
	550	9,3	0,77	0,92
	580	11,7	0,20	1,34

Tabela 15
Wyniki badania udziału węglików pierwotnych w stali HS 18-0-1

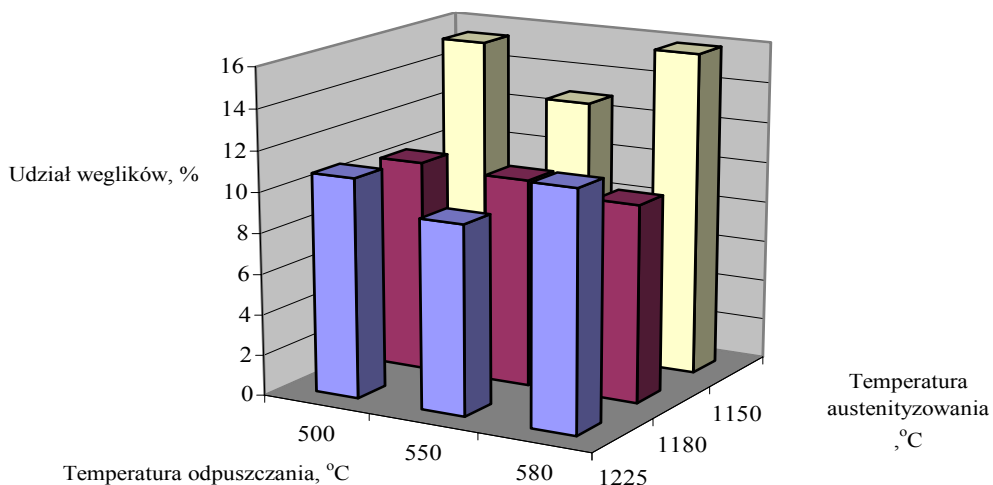
Temperatura austenitzowania, °C	Temperatura odpuszczania, °C	Udział węglików, %	Odchylenie standardowe	Średnia wielkość węglików, μm
1180	520	19,5	0,81	1,52
	550	16,5	0,34	1,16
	580	17,4	0,44	1,42
1220	520	16,9	0,64	1,49
	550	15,5	0,43	1,37
	580	14,6	0,67	1,33
1255	520	13,1	0,36	1,33
	550	13,5	0,64	1,59
	580	13,2	0,51	1,62
1280	520	10,7	0,28	1,92
	550	11,9	0,64	2,08
	580	11,4	0,49	1,95

4. Wyniki badań uzupełniających własności stali szybkołącznych

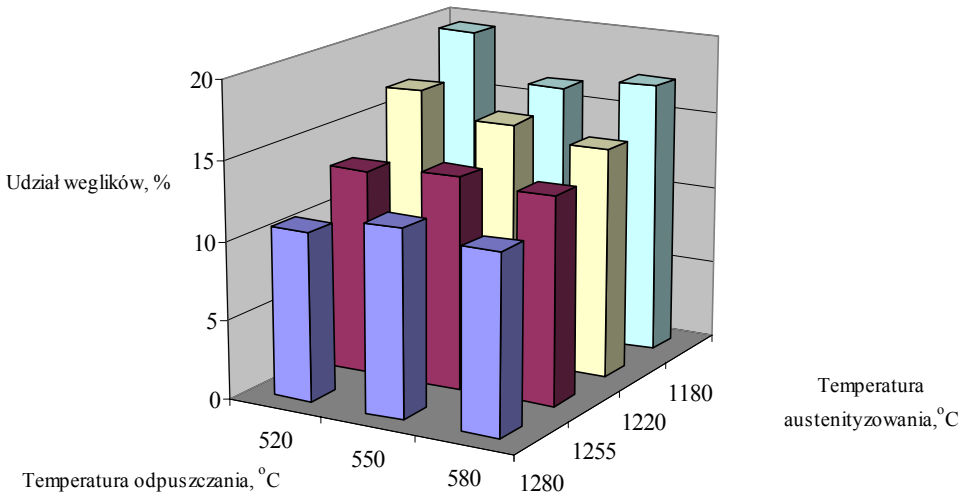
Tabela 16

Wyniki badania udziału węglików pierwotnych w stali HS 10-4-3-10

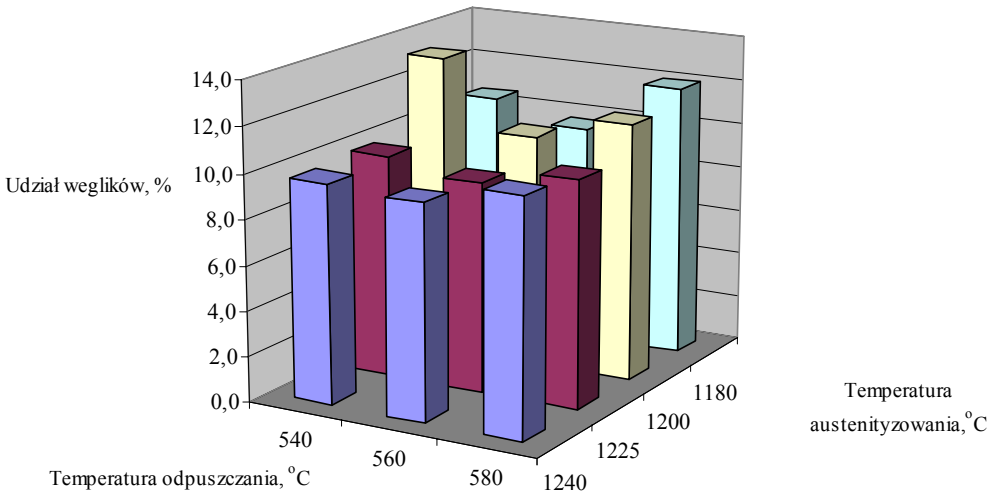
Temperatura austenizowania, °C	Temperatura odpuszczania, °C	Udział węglików, %	Odchylenie standardowe	Średnia wielkość węglików, μm
1180	540	10,6	0,55	1,37
	560	9,7	0,47	1,28
	580	12,0	0,65	1,34
1200	540	13,3	0,69	0,97
	560	10,3	0,59	1,34
	580	11,4	0,66	1,29
1225	540	9,9	0,68	1,32
	560	9,3	0,68	0,98
	580	10,0	0,68	1,25
1240	540	9,7	0,83	0,91
	560	9,5	0,93	0,99
	580	10,4	0,79	0,76



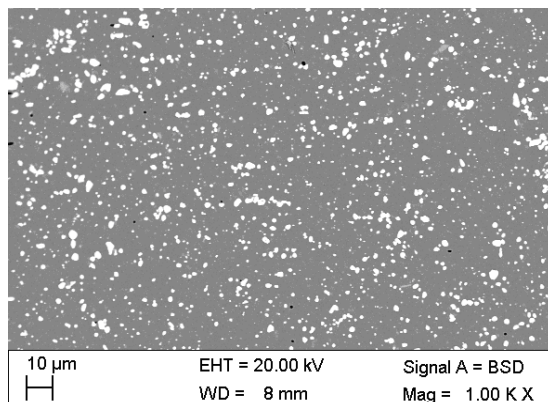
Rys. 27. Udział węglików pierwotnych w stali HS 6-5-2



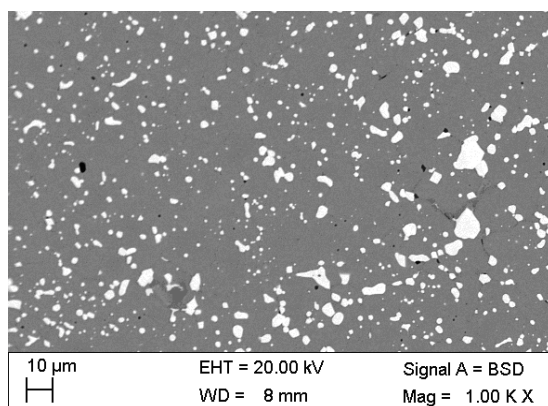
Rys. 28. Udział węglików pierwotnych w stali HS 18-0-1



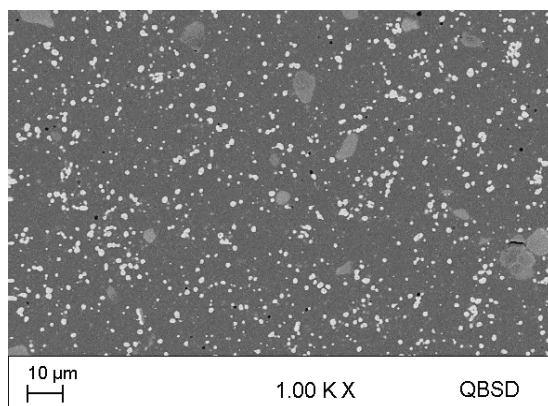
Rys. 29. Udział węglików pierwotnych w stali HS 10-4-3-10



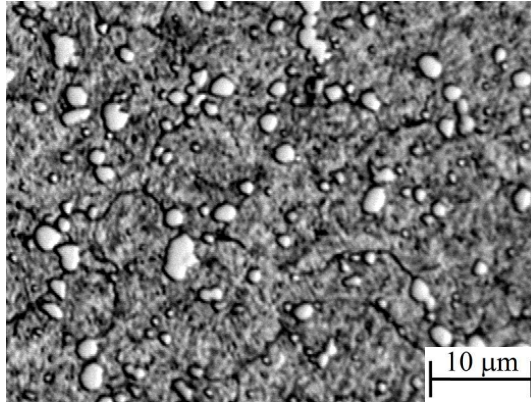
Rys. 30. Struktura stali HS6-5-2. Zgląd nietrawiony, $T_a=1150^{\circ}\text{C}$, $T_o=500^{\circ}\text{C}$



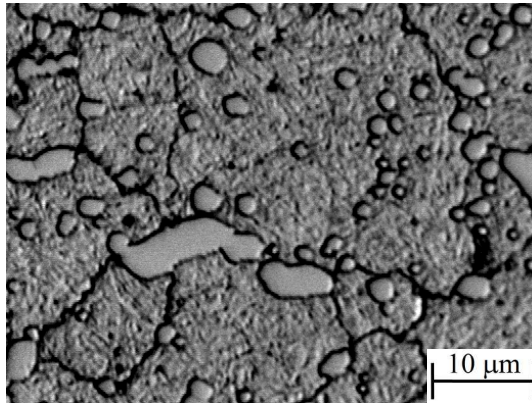
Rys. 31. Struktura stali HSI8-0-1. Zgląd nietrawiony, $T_a=1255^{\circ}\text{C}$, $T_o=550^{\circ}\text{C}$



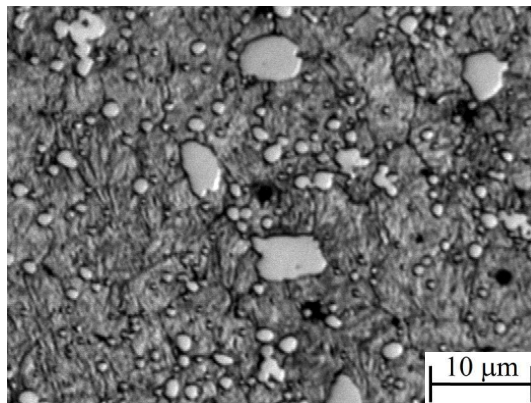
Rys. 32. Struktura stali HSI10-4-3-10. Zgląd nietrawiony, $T_a=1225^{\circ}\text{C}$, $T_o=560^{\circ}\text{C}$



Rys. 33. Struktura stali HS6-5-2. Zgląd trawiony, $T_a=1150^{\circ}\text{C}$, $T_o=500^{\circ}\text{C}$.



Rys. 34. Struktura stali HS18-0-1. Zgląd trawiony, $T_a=1255^{\circ}\text{C}$, $T_o=580^{\circ}\text{C}$



Rys. 35. Struktura stali HS10-4-3-10. Zgląd trawiony, $T_a=1180^{\circ}\text{C}$, $T_o=580^{\circ}\text{C}$