

Spis treści

TRL VI

Wytworzenie rodziny wałów w nowym procesie produkcji dla średnic i rodzajów przygotówek.....	2
Opracowanie dokumentacji procesowej i technologicznej	2
Test wałów w warunkach nadzorowanych	3
Badania niszczące i nieniszczące	4
Ocena struktury powierzchni	5
Kamień milowy.....	5

TRL VII

Wyznaczenie i wypracowanie drugiej serii wałów w różnych średnicach i materiałach.....	6
Próby empiryczne wałów w różnych środowiskach pracy	6
Wyznaczenie wartości referencyjnych.....	7
Granica plastyczności	8
Udarność	10
Twardość.....	12
Chropowatość	14
Kamień milowy.....	17

TRL VIII

Opracowanie planu produkcji	18
Wpływ procesu nagniatania na poprawę parametrów.....	18
Kamień milowy.....	25

TRL VI Wytworzenie rodziny wałów w nowym procesie produkcji dla średnic i rodzajów przygotówek

W ramach procesu produkcyjnego wytworzono próbną, prototypową rodzinę wałów dostosowanych do różnych średnic i rodzajów przygotówki: małej, średniej i dużej. Kategorię podziału przedstawia **Tabela 1**.

Tabela 1 Kategorie podziału średnic wałów

Kategoria	Wymiar
Średnica mała	$< \varnothing 100$
Średnica średnia	$\varnothing 101 \div \varnothing 300$
Średnica duża	$> \varnothing 100$

Po określeniu optymalnych parametrów obróbki przystąpiono do etapu produkcji.

Opracowanie dokumentacji procesowej i technologicznej

W ramach działań związanych z przygotowaniem produkcji, istotnym elementem jest opracowanie szczegółowej dokumentacji procesowej i technologicznej. Pracownicy działu technicznego odpowiedzialni są za stworzenie kompleksowego zestawu dokumentów niezbędnych do prawidłowego przebiegu procesów produkcyjnych oraz technologicznych.

W skład dokumentacji wykonanej na poczet produkcji wałów wchodzi:

- **Karty cięcia** – zawierające szczegółowe informacje na temat wymiarów materiałów, metod cięcia oraz parametrów pracy urządzeń wykorzystywanych w procesie obróbki, takich jak piły taśmowe oraz przecinarki plazmowe i acetylenowe. Przykładowo, karta cięcia dla blach stalowych oraz profili metalurgicznych może określać tolerancje wymiarowe i naddatki technologiczne.
- **Rysunki międzyoperacyjne** – opracowywane w celu zobrazowania poszczególnych etapów procesu produkcyjnego. Rysunki te wskazują, jak powinien wyglądać półprodukt po zakończeniu każdej operacji technologicznej. Stanowią one niezbędne źródło informacji dla operatorów maszyn i kontrolerów jakości, umożliwiając bieżące monitorowanie zgodności wykonania z założeniami projektowymi.

- **Karty technologiczne** – dokumenty zawierające szczegółowy opis procesu technologicznego, w tym kolejność operacji, rodzaj narzędzi i maszyn oraz parametry pracy, takie jak prędkość obrotowa, siła nacisku czy czas trwania operacji.

Opracowana dokumentacja pełni kluczową rolę w zapewnieniu powtarzalności i jakości procesów produkcyjnych. Dokładne przygotowanie dokumentacji procesowej i technologicznej stanowi fundament sprawnego działania przedsiębiorstwa produkcyjnego, pozwalając na osiągnięcie wysokiej wydajności oraz konkurencyjności na rynku.

Test wałów w warunkach nadzorowanych

W zależności od środowiska oraz warunków, w jakich będzie pracowało dane urządzenie, wały wykonywane są z różnych gatunków stali. W przypadku pracy w niekorzystnych warunkach morskich stosuje się stale nierdzewne, odporne na korozję, takie jak AISI 316L lub jej odpowiedniki. Natomiast wały urządzeń pracujących w warunkach lądowych najczęściej produkuje się ze stali stopowych, takich jak 42CrMo4, które dzięki swoim właściwościom zapewniają wysokie parametry wytrzymałościowe przy zmniejszonej masie własnej.

W przypadku produkcji urządzeń podlegających nadzorowi niezależnej strony trzeciej, ich podzespoły zostały wytworzone i testowane zgodnie z przepisami określonymi przez towarzystwa klasyfikacyjne. W większości przypadków materiał na wały jest pozyskiwany z rygorystycznym certyfikatem 3.2, który potwierdza jego właściwości mechaniczne oraz chemiczne.

Po zakończeniu procesu produkcji, wały poddane zostały testom zgodnie z wymaganiami zawartymi w normach klasyfikacyjnych. Badania te przeprowadza się zazwyczaj zgodnie z wcześniej zatwierdzonym planem na dedykowanych stanowiskach testowych. Uzyskane wyniki są dokumentowane w raportach potwierdzających zgodność właściwości gotowego wyrobu z wymaganiami normatywnymi. Przykładem testów wałów w warunkach rzeczywistych jest choćby próba obciążeniowa wału, przeprowadzona we wciągarkach cumowniczych i kotwicznych. Badania te umożliwiły obserwację zachowania wałów w warunkach ściśle odwzorowujących rzeczywiste warunki eksploatacji.

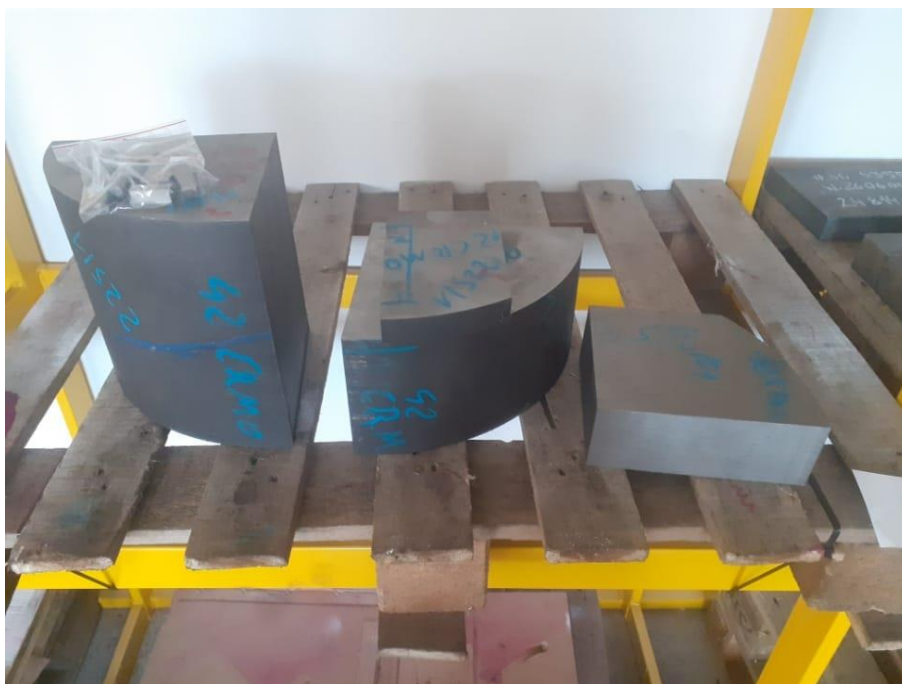
Badania niszczące i nieniszczące

Badania wałów, zarówno niszczące, jak i nieniszczące, są elementem oceny ich jakości, wytrzymałości i zdolności do pracy w określonych warunkach. Przed zakupem materiałów surowych służących jako przygotówki do dalszego procesowania, firma DYNPAP ze szczególną uwagą przeanalizowała atesty materiałowe wystawiane przez producenta – hutę lub dostawcę. Atest materiałowy w zależności od przyjętych norm oraz wymagań towarzystw klasyfikacyjnych zawiera informacje dotyczące właściwości mechanicznych, uzyskanych w wyniku przeprowadzenia badań niszczących, jak i nieniszczących.

Badania niszczące

Badania niszczące polegają na trwałym uszkodzeniu lub zniszczeniu próbki w celu oceny właściwości mechanicznych wałów. Do weryfikacji oceny wałów, DYNPAP zebrał i walidował dane z prób: rozciągania, udarności i twardości.

Wymienione wyżej próby wykonywane są przez producenta i zawarte są w atście materiałowym. Niemniej, w przypadku wysokich wymagań koniecznym jest niekiedy przeprowadzenie dodatkowych badań. W wybranych przypadkach DYNPAP zwrócił się do niezależnego laboratorium celem przeprowadzenia dodatkowych badań udarności w temperaturze $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz badania twardości metodą Rockwella. **Rysunek 1** przedstawia partię wałów przeznaczonych do dodatkowych badań niszczących.



Rysunek 1 Partia wałów przeznaczona do dodatkowych badań niszczących

Badania nieniszczące

Badania te pozwalają na ocenę właściwości wałów bez ich uszkodzania, co jest kluczowe zwłaszcza w przypadku badania gotowego wyrobu.

Każdy element na etapie fabrykacji – nie tylko wał – jest oceniany wizualnie przez certyfikowanego inspektora celem wykrycia widocznych uszkodzeń, takich jak pęknięcia, wżery czy odkształcenia za pomocą użycia lupy, endoskopu lub kamery w trudno dostępnych miejscach.

Ocena struktury powierzchni

Struktura powierzchni obrabianych ma kluczowe znaczenie dla efektywności działania wałów ze współpracującymi częściami tj. tulejami, kołami itp.. Ocena struktury powierzchni opiera się głównie na parametrach związanych z chropowatością powierzchni.

W przypadku wałów maszynowych DYNPAP zlecił przeprowadzenie pomiarów parametru Ra po zakończeniu obróbki skrawaniem za pomocą chropowatościomierza.

Kamień milowy

Po wykonaniu próby doświadczalnej polegającej na wykonaniu prototypów wałów, DYNPAP określił i potwierdził funkcjonalność procesu i wyraził gotowość do produkcji w większej skali.

TRL VII Wyznaczenie i wypracowanie drugiej serii wałów w różnych średnicach i materiałach

Po uzyskaniu pozytywnych wyników badań przeprowadzonych na wałach z pierwszej serii, przystąpiono do produkcji drugiej serii wałów o różnych średnicach oraz wykonanych z różnych materiałów konstrukcyjnych.

Próby empiryczne wałów w różnych środowiskach pracy

Wały znajdują zastosowanie w wielu urządzeniach przemysłowych, a wszystkie przeprowadzone badania praktyczne potwierdzają ich właściwości funkcjonalne. Prawidłowe działanie całego urządzenia zależy od odpowiednio funkcjonującego wału, który często stanowi kluczowy element układu.

W ramach tego etapu przeprowadzono empiryczne testy wałów w zróżnicowanych środowiskach pracy, obejmujących między innymi:

- urządzenia napędzające bębny linowe,
- przekładnie zębate,
- urządzenia sortujące
- maszyny dredgingowe i hydrotechniczne.

Przykład próby empirycznej zastosowania wału w urządzeniu wciągarki linowej znajduje się na **Rysunek 2**. Wciągarka linowa została wówczas poddana próbie odwzorowania udźwigu wynoszącego dwukrotność obciążenia roboczego $WLL = 7,5 \text{ T}$. Test zakończył się pozytywnym rezultatem z próby, co oznacza, że wał bębna linowego mógłby pracować w bardziej wymagających warunkach niż warunki robocze.



Rysunek 2 Próba empiryczna wału we wciągarnie linowej

Wyznaczenie wartości referencyjnych

Po realizacji pierwszej partii produkcyjnej DYNPAP zbierał i analizował dane jakościowe pod kątem wyznaczenia wartości referencyjnych parametrów wytrzymałościowych i chropowatości, które pozwolą określić ogólne preferencje wałów do wykorzystania w konkretnych warunkach pracy.

Wartości referencyjne zostały wyznaczone dla następujących parametrów jakościowych:

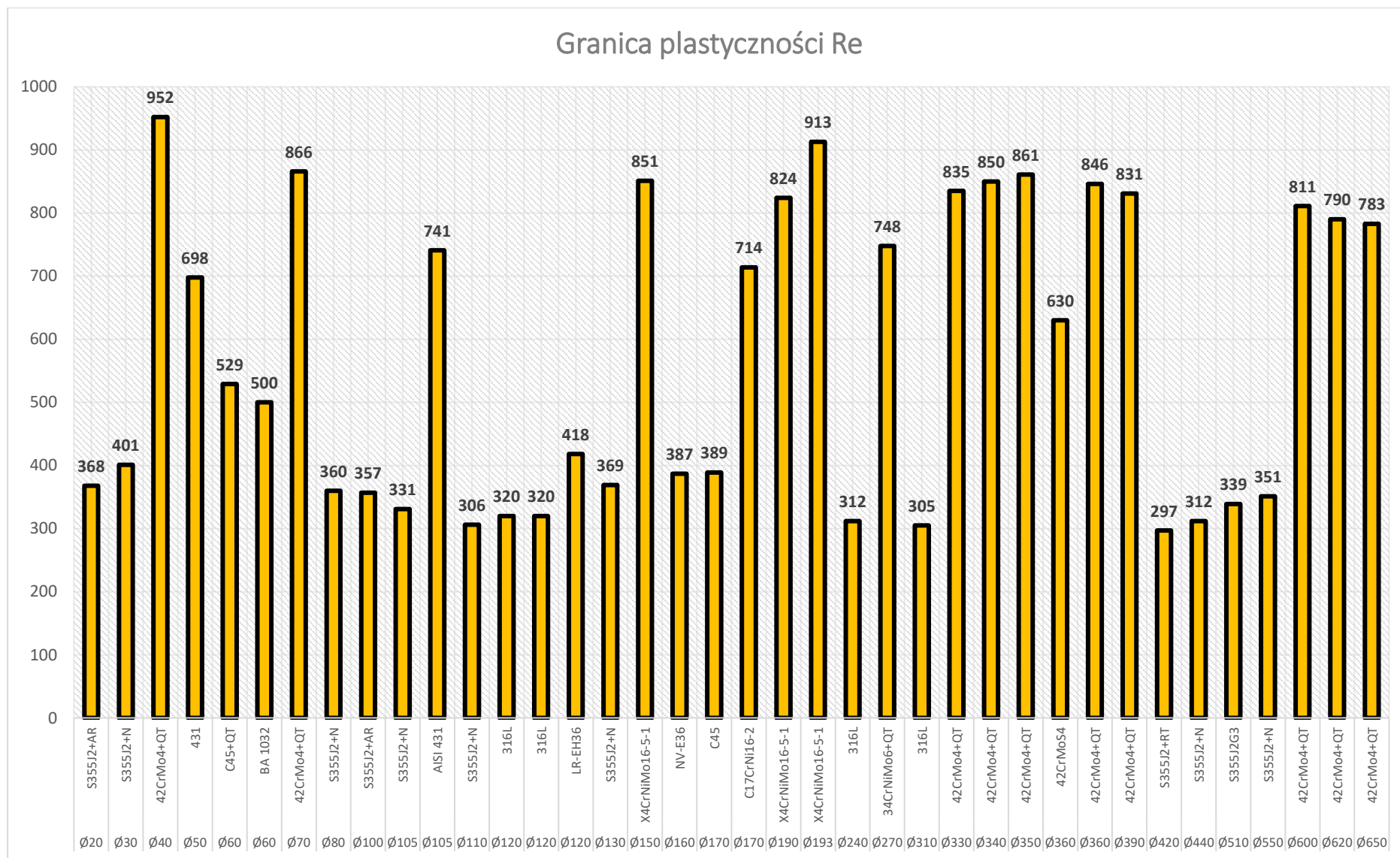
- Granica plastyczności
- Udarność
- Twardość
- Chropowatość powierzchni (parametr Ra)

Dane zostały uzyskane również przy zaangażowaniu firm zewnętrznych, w tym niezależnych laboratoriów badawczych.

Granica plastyczności

Tabela 2 Zestawienie danych dla parametru jakościowego - granica plastyczności

Średnica	Gatunek	Granica plastyczności Re
Ø20	S355J2+AR	368
Ø30	S355J2+N	401
Ø40	42CrMo4+QT	952
Ø50	431	698
Ø60	C45+QT	529
Ø60	BA 1032	500
Ø70	42CrMo4+QT	866
Ø80	S355J2+N	360
Ø100	S355J2+AR	357
Ø105	S355J2+N	331
Ø105	AISI 431	741
Ø110	S355J2+N	306
Ø120	316L	320
Ø120	316L	320
Ø120	LR-EH36	418
Ø130	S355J2+N	369
Ø150	X4CrNiMo16-5-1	851
Ø160	NV-E36	387
Ø170	C45	389
Ø170	XC17CrNi16-2	714
Ø190	X4CrNiMo16-5-1	824
Ø193	X4CrNiMo16-5-1	913
Ø240	316L	312
Ø270	34CrNiMo6+QT	748
Ø310	316L	305
Ø330	42CrMo4+QT	835
Ø340	42CrMo4+QT	850
Ø350	42CrMo4+QT	861
Ø360	42CrMoS4	630
Ø360	42CrMo4+QT	846
Ø390	42CrMo4+QT	831
Ø420	S355J2+RT	297
Ø440	S355J2+N	312
Ø510	S355J2G3	339
Ø550	S355J2+N	351
Ø600	42CrMo4+QT	811
Ø620	42CrMo4+QT	790
Ø650	42CrMo4+QT	783
AVG:		574,08

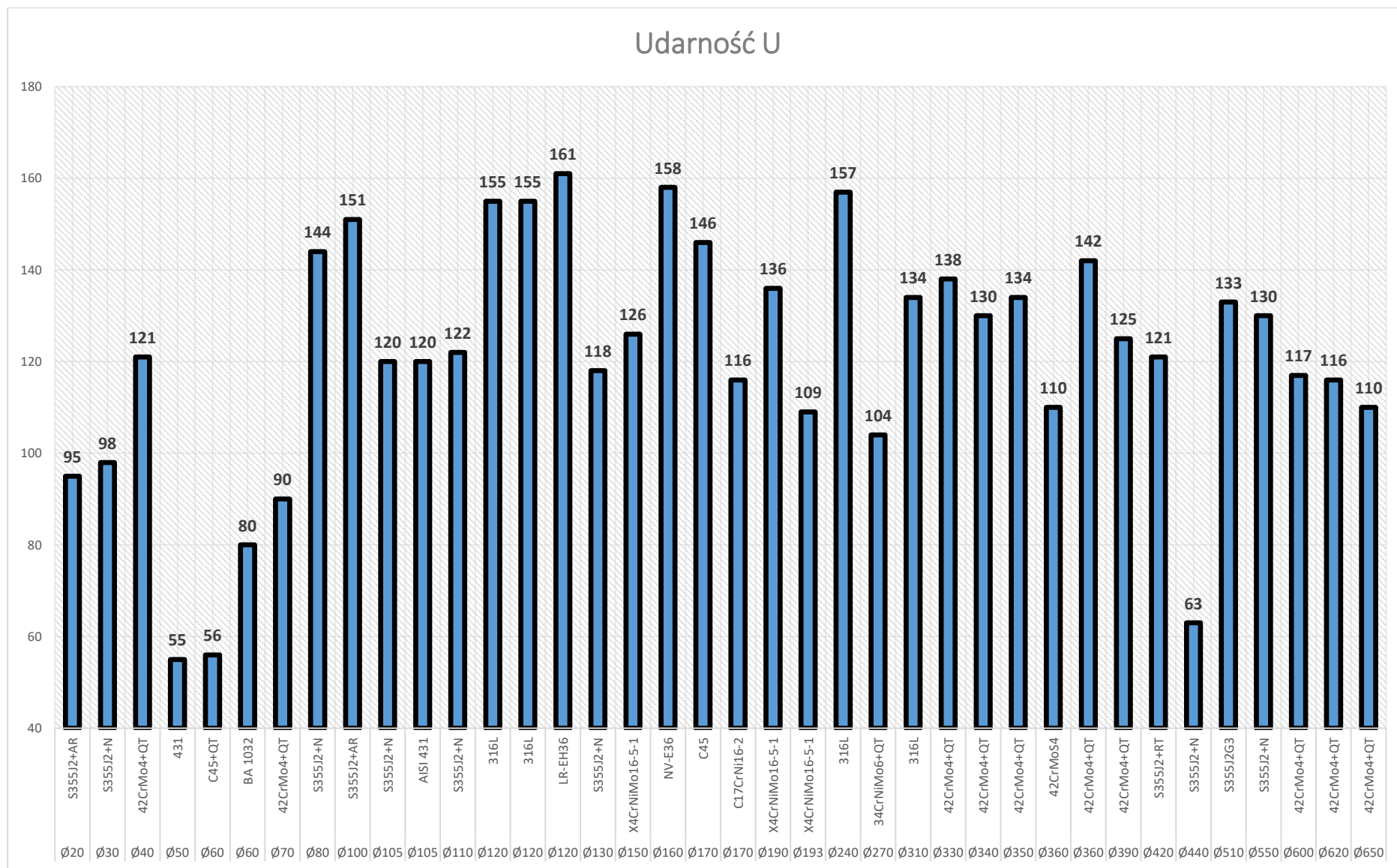


Wykres 1 Graficzne zestawienie danych dla parametru - granica plastyczności

Udarność

Tabela 2 Zestawienie danych dla parametru jakościowego - udarność

Średnica	Gatunek	Udarność U
Ø20	S355J2+AR	95
Ø30	S355J2+N	98
Ø40	42CrMo4+QT	121
Ø50	431	55
Ø60	C45+QT	56
Ø60	BA 1032	80
Ø70	42CrMo4+QT	90
Ø80	S355J2+N	144
Ø100	S355J2+AR	151
Ø105	S355J2+N	120
Ø105	AISI 431	120
Ø110	S355J2+N	122
Ø120	316L	155
Ø120	316L	155
Ø120	LR-EH36	161
Ø130	S355J2+N	118
Ø150	X4CrNiMo16-5-1	126
Ø160	NV-E36	158
Ø170	C45	146
Ø170	XC17CrNi16-2	116
Ø190	X4CrNiMo16-5-1	136
Ø193	X4CrNiMo16-5-1	109
Ø240	316L	157
Ø270	34CrNiMo6+QT	104
Ø310	316L	134
Ø330	42CrMo4+QT	138
Ø340	42CrMo4+QT	130
Ø350	42CrMo4+QT	134
Ø360	42CrMoS4	110
Ø360	42CrMo4+QT	142
Ø390	42CrMo4+QT	125
Ø420	S355J2+RT	121
Ø440	S355J2+N	63
Ø510	S355J2G3	133
Ø550	S355J2+N	130
Ø600	42CrMo4+QT	117
Ø620	42CrMo4+QT	116
Ø650	42CrMo4+QT	110
AVG:		120,95

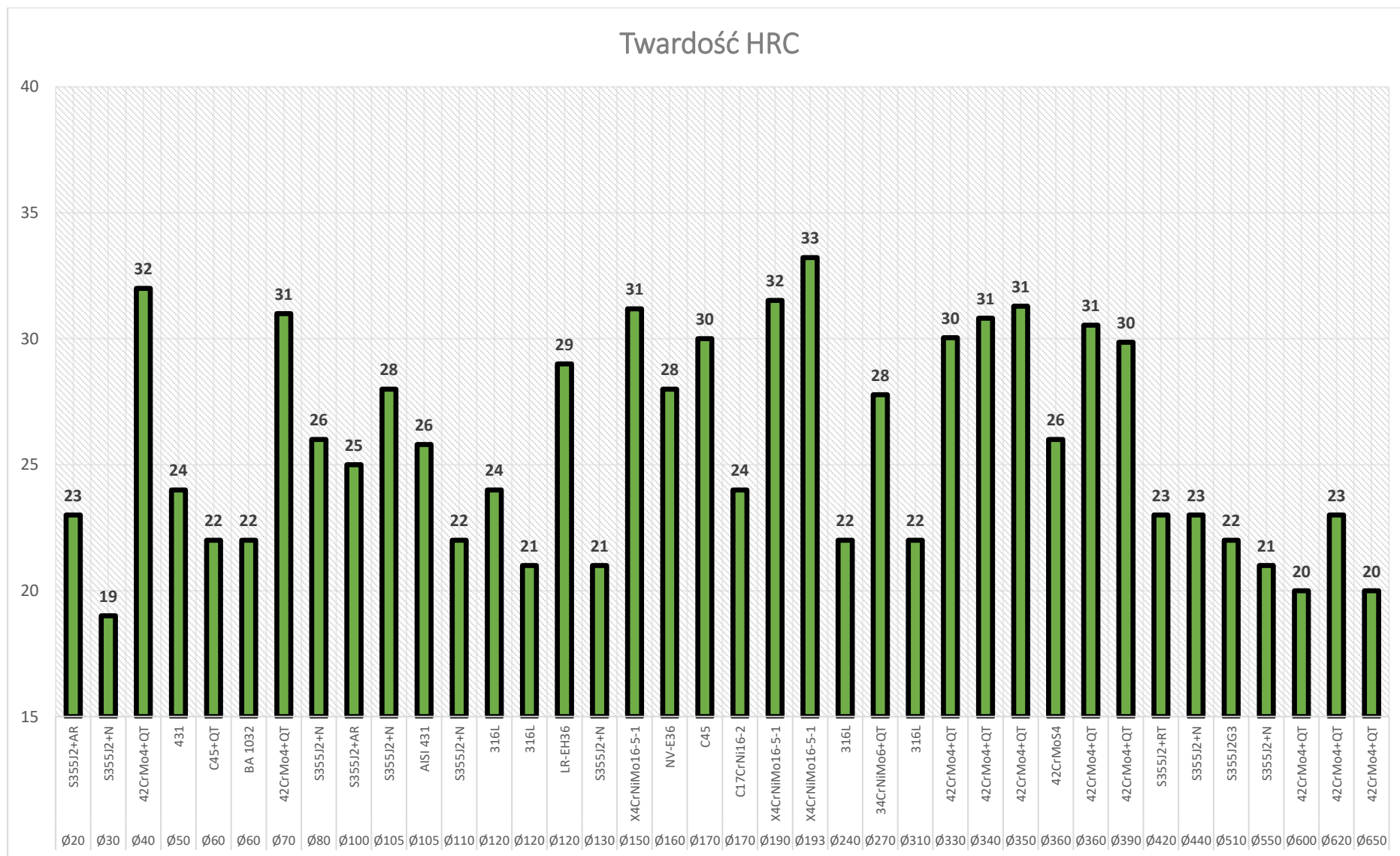


Wykres 2 Graficzne zestawienie danych dla parametru - udarność

Twardość

Tabela 3 Zestawienie danych dla parametru jakościowego - twardość

Średnica	Gatunek	Twardość HRC
Ø20	S355J2+AR	23
Ø30	S355J2+N	19
Ø40	42CrMo4+QT	32
Ø50	431	24
Ø60	C45+QT	22
Ø60	BA 1032	22
Ø70	42CrMo4+QT	31
Ø80	S355J2+N	26
Ø100	S355J2+AR	25
Ø105	S355J2+N	28
Ø105	AISI 431	26
Ø110	S355J2+N	22
Ø120	316L	24
Ø120	316L	21
Ø120	LR-EH36	29
Ø130	S355J2+N	21
Ø150	X4CrNiMo16-5-1	31
Ø160	NV-E36	28
Ø170	C45	30
Ø170	XC17CrNi16-2	24
Ø190	X4CrNiMo16-5-1	32
Ø193	X4CrNiMo16-5-1	33
Ø240	316L	22
Ø270	34CrNiMo6+QT	28
Ø310	316L	22
Ø330	42CrMo4+QT	30
Ø340	42CrMo4+QT	31
Ø350	42CrMo4+QT	31
Ø360	42CrMoS4	26
Ø360	42CrMo4+QT	31
Ø390	42CrMo4+QT	30
Ø420	S355J2+RT	23
Ø440	S355J2+N	23
Ø510	S355J2G3	22
Ø550	S355J2+N	21
Ø600	42CrMo4+QT	20
Ø620	42CrMo4+QT	23
Ø650	42CrMo4+QT	20
AVG:		26



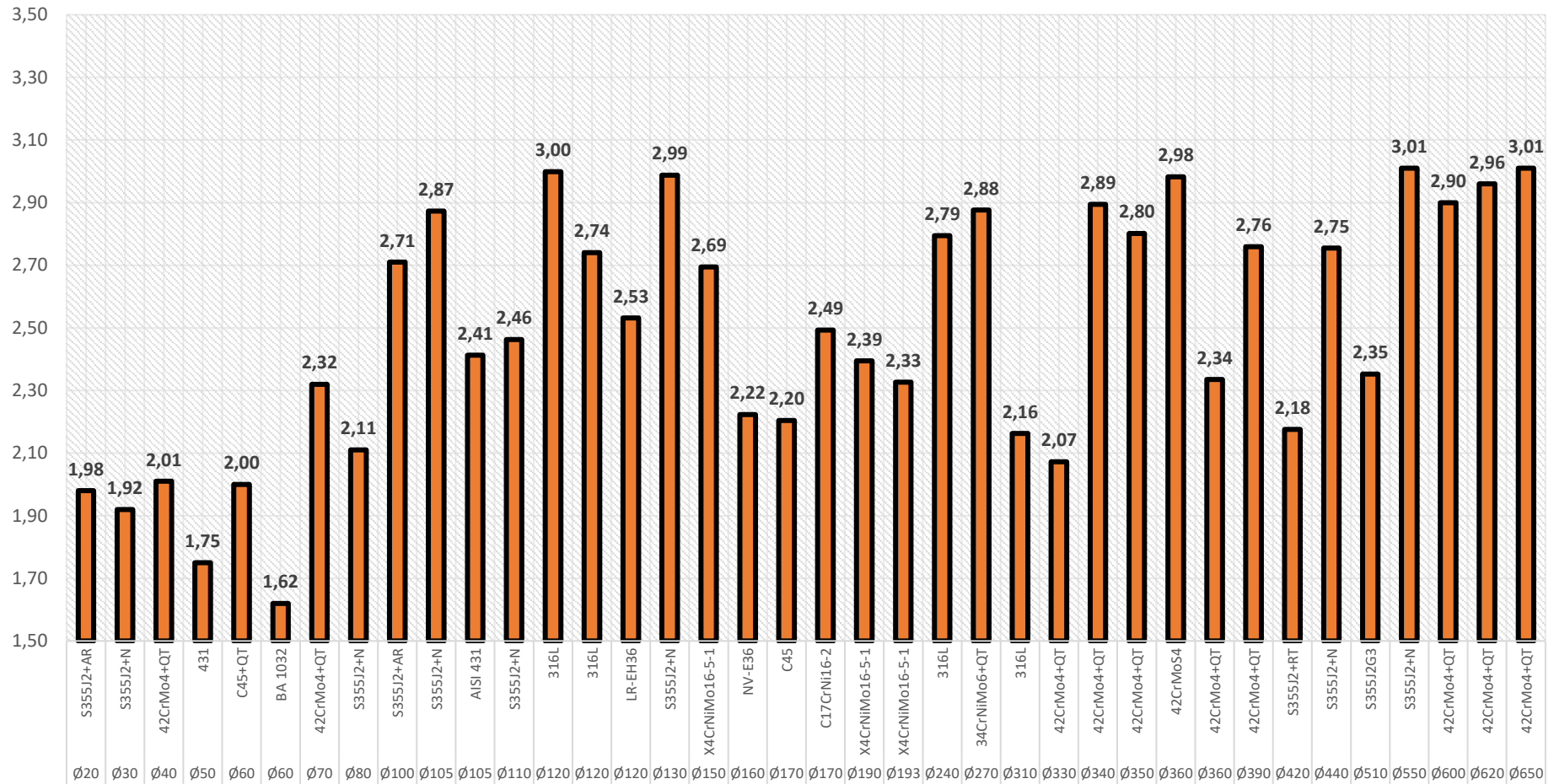
Wykres 3 Graficzne zestawienie danych dla parametru - twardość

Chropowość

Tabela 4 Zestawienie danych parametru jakościowego - chropowość Ra

Średnica	Gatunek	Chropowość Ra
Ø20	S355J2+AR	1,98
Ø30	S355J2+N	1,92
Ø40	42CrMo4+QT	2,01
Ø50	431	1,75
Ø60	C45+QT	2,00
Ø60	BA 1032	1,62
Ø70	42CrMo4+QT	2,32
Ø80	S355J2+N	2,11
Ø100	S355J2+AR	2,71
Ø105	S355J2+N	2,87
Ø105	AISI 431	2,41
Ø110	S355J2+N	2,46
Ø120	316L	3,00
Ø120	316L	2,74
Ø120	LR-EH36	2,53
Ø130	S355J2+N	2,99
Ø150	X4CrNiMo16-5-1	2,69
Ø160	NV-E36	2,22
Ø170	C45	2,20
Ø170	XC17CrNi16-2	2,49
Ø190	X4CrNiMo16-5-1	2,39
Ø193	X4CrNiMo16-5-1	2,33
Ø240	316L	2,79
Ø270	34CrNiMo6+QT	2,88
Ø310	316L	2,16
Ø330	42CrMo4+QT	2,07
Ø340	42CrMo4+QT	2,89
Ø350	42CrMo4+QT	2,80
Ø360	42CrMoS4	2,98
Ø360	42CrMo4+QT	2,34
Ø390	42CrMo4+QT	2,76
Ø420	S355J2+RT	2,18
Ø440	S355J2+N	2,75
Ø510	S355J2G3	2,35
Ø550	S355J2+N	3,01
Ø600	42CrMo4+QT	2,90
Ø620	42CrMo4+QT	2,96
Ø650	42CrMo4+QT	3,01
AVG:		2,49

Chropowość Ra



Wykres 4 Graficzne zestawienie danych dla parametru - chropowość Ra

Tabela 5 Zbiorcze podsumowanie danych

Średnica	Gatunek	Chropowość Ra	Granica plastyczności Re	Udarność U	Twardość HRC
Ø20	S355J2+AR	1,98	368	95	23
Ø30	S355J2+N	1,92	401	98	19
Ø40	42CrMo4+QT	2,01	952	121	32
Ø50	431	1,75	698	55	24
Ø60	C45+QT	2,00	529	56	22
Ø60	BA 1032	1,62	500	80	22
Ø70	42CrMo4+QT	2,32	866	90	31
Ø80	S355J2+N	2,11	360	144	26
Ø100	S355J2+AR	2,71	357	151	25
Ø105	S355J2+N	2,87	331	120	28
Ø105	AISI 431	2,41	741	120	26
Ø110	S355J2+N	2,46	306	122	22
Ø120	316L	3,00	320	155	24
Ø120	316L	2,74	320	155	21
Ø120	LR-EH36	2,53	418	161	29
Ø130	S355J2+N	2,99	369	118	21
Ø150	X4CrNiMo16-5-1	2,69	851	126	31
Ø160	NV-E36	2,22	387	158	28
Ø170	C45	2,20	389	146	30
Ø170	XC17CrNi16-2	2,49	714	116	24
Ø190	X4CrNiMo16-5-1	2,39	824	136	32
Ø193	X4CrNiMo16-5-1	2,33	913	109	33
Ø240	316L	2,79	312	157	22
Ø270	34CrNiMo6+QT	2,88	748	104	28
Ø310	316L	2,16	305	134	22
Ø330	42CrMo4+QT	2,07	835	138	30
Ø340	42CrMo4+QT	2,89	850	130	31
Ø350	42CrMo4+QT	2,80	861	134	31
Ø360	42CrMoS4	2,98	630	110	26
Ø360	42CrMo4+QT	2,34	846	142	31
Ø390	42CrMo4+QT	2,76	831	125	30
Ø420	S355J2+RT	2,18	297	121	23
Ø440	S355J2+N	2,75	312	63	23
Ø510	S355J2G3	2,35	339	133	22
Ø550	S355J2+N	3,01	351	130	21
Ø600	42CrMo4+QT	2,90	811	117	20
Ø620	42CrMo4+QT	2,96	790	116	23
Ø650	42CrMo4+QT	3,01	783	110	20
AVG:		2,49	574,08	120,95	26

Kamień miłowy

Na podstawie powyższych danych DYNPAP wyznaczył dane referencyjne zebrane w **Tabela 6**

Tabela 6 Wartości referencyjne poszczególnych parametrów

Parametr	Wartość referencyjna
Granica plastyczności	360 MPa
Udarność	115 J
Twardość	22 HRC
Chropowatość Ra	2,63

TRL VIII Opracowanie planu produkcji

Analiza czasochłonności przeprowadzona podczas prób produkcyjnych umożliwiła precyzyjne opracowanie planu produkcji. Dzięki praktycznej weryfikacji czasu potrzebnego na wykonanie poszczególnych operacji składających się na gotowy produkt, planista produkcji może dokładnie rozdzielić zadania między stanowiska produkcyjne.

Przeprowadzenie serii testowych pozwoliło ocenić, czy produkt jest gotowy do produkcji masowej. Dzięki temu możliwe jest sprawdzenie, czy wcześniejsze założenia badawcze oraz przygotowany plan produkcji znajdują odzwierciedlenie w rzeczywistości.

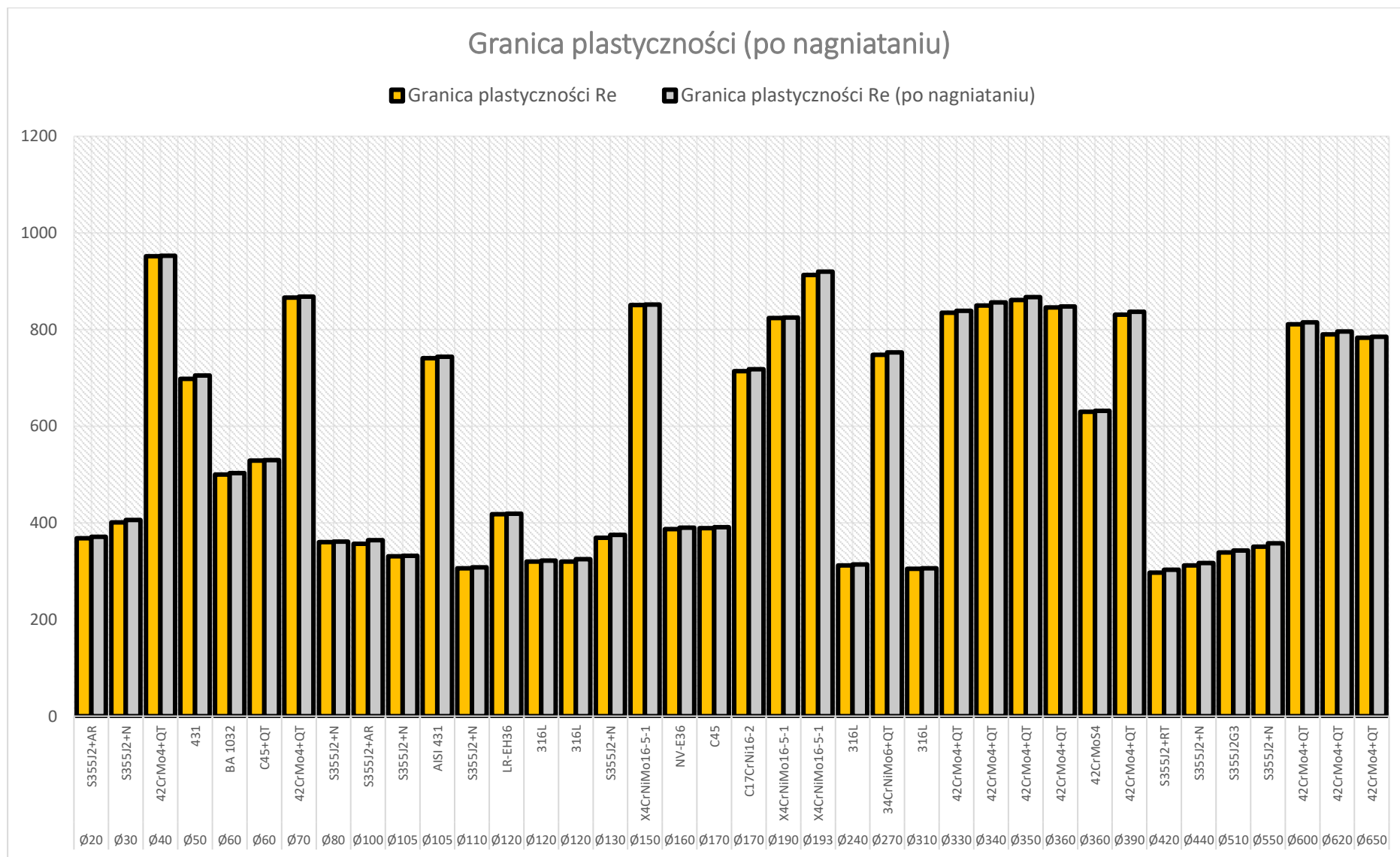
Szczegółowe opracowanie ścieżki realizacji zamówień odbywa się przy współpracy działów zaopatrzenia, logistyki, magazynu oraz produkcji. Dzięki optymalnemu planowaniu dostawy materiałów są realizowane terminowo, co pozwala uniknąć przestojów produkcyjnych, a plan produkcyjny jest wykonywany zgodnie z założeniami.

Wpływ procesu nagniatania na poprawę parametrów

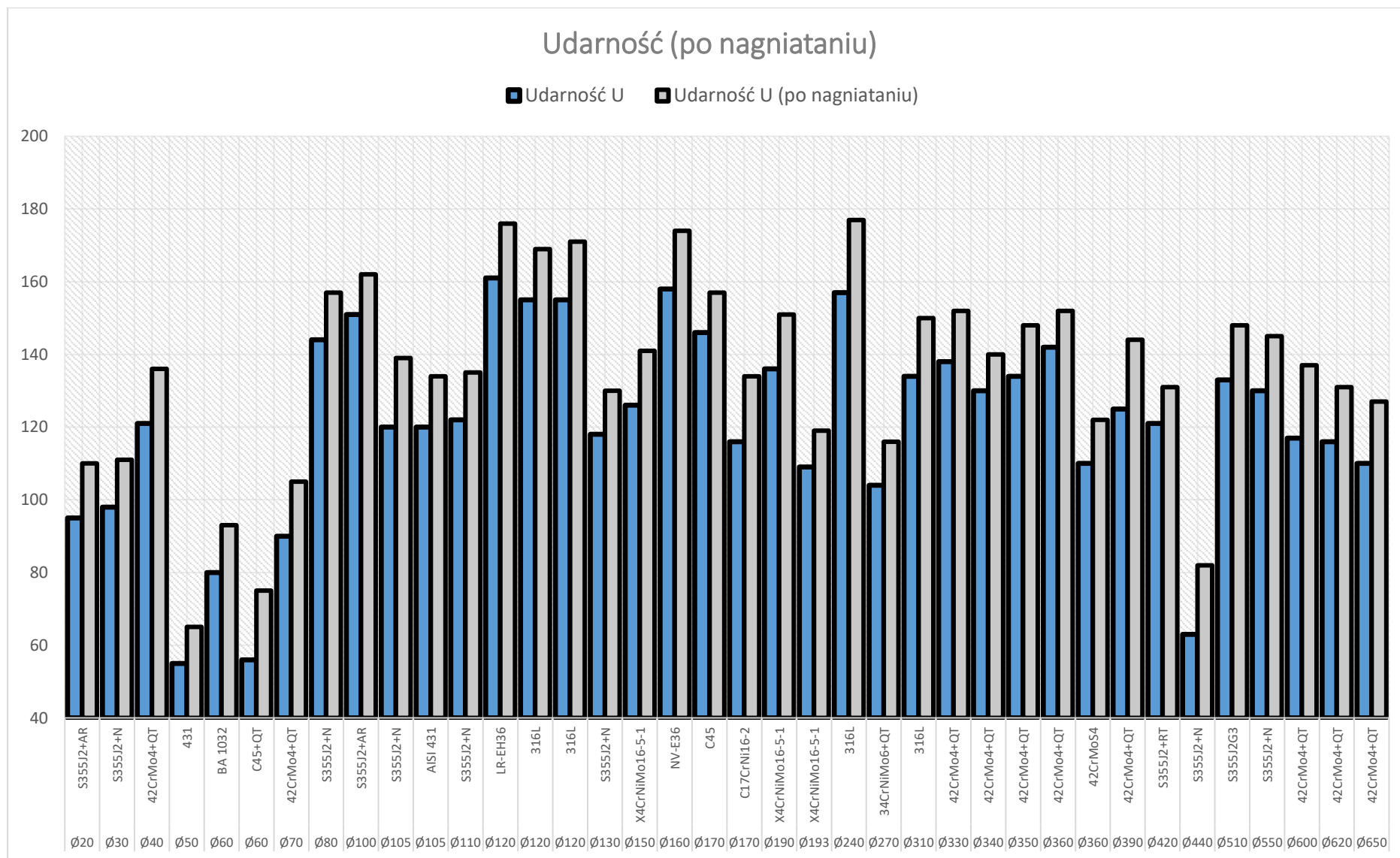
W wyniku przeprowadzonych analiz firma dodatkowo zdecydowała się na wdrożenie obróbki wałów w procesie nagniatania jako dodatkowego etapu produkcji. Dzięki temu rozwiązaniu uzyskano jeszcze lepsze wartości referencyjne w zakresie parametrów wytrzymałościowych i jakości powierzchni.

Proces nagniatania, wprowadzony jako uzupełnienie dotychczasowych operacji, pozwolił również na zwiększenie żywotności produktów oraz uzyskania możliwości dalszego doskonalenia swoich procesów produkcyjnych.

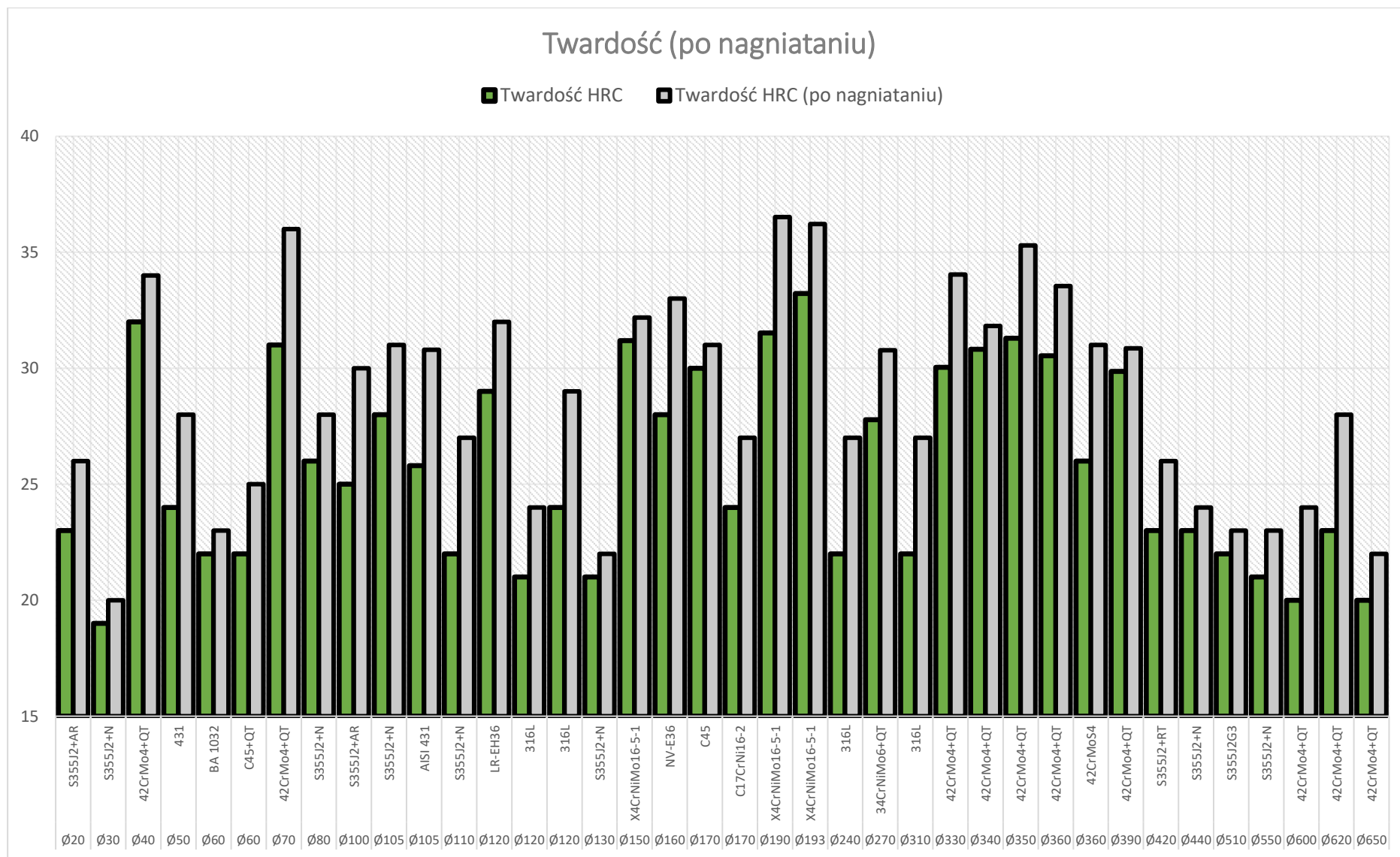
Poprawa danych w procesie nagniatania zaprezentowana jest na **Wykresach 5-8** oraz **Tabela 7-8**



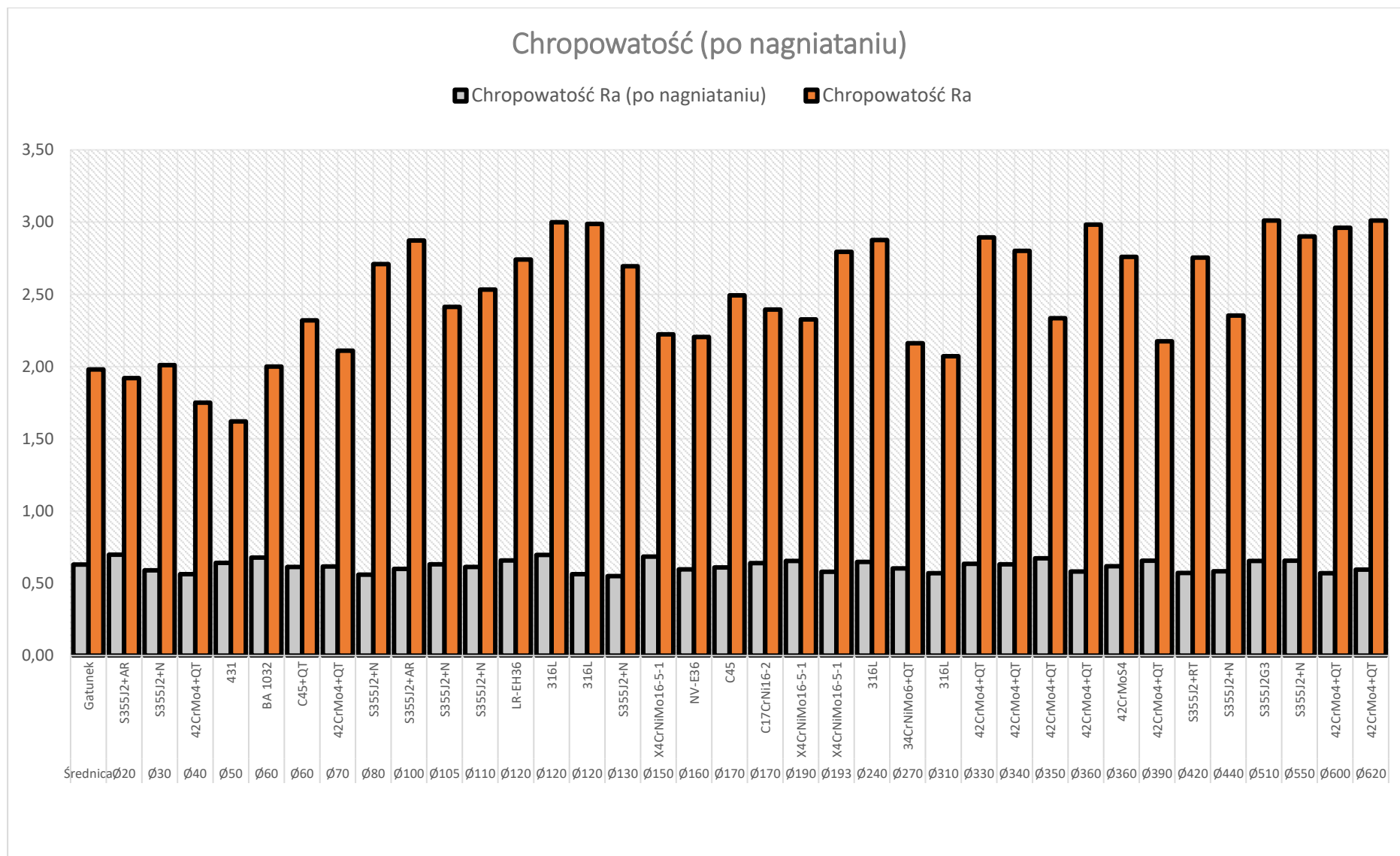
Wykres 5 Poprawa parametru granicy plastyczności po procesie nagniatania



Wykres 6 Poprawa parametru udarności po procesie nagniatania



Wykres 7 Poprawa parametru twardości po procesie nagniatania



Wykres 8 Poprawa parametru chropowości po procesie nagniatania

Tabela 7 Podsumowanie danych z pierwszej serii produkcyjnej i po serii 2 z uwzględnieniem nagniatania

Średnica	Gatunek	Chropowość Ra	Chropowość Ra (po nagniataniu)	Granica plastyczności Re	Granica plastyczności Re (po nagniataniu)	Udarność U	Udarność U (po nagniataniu)	Twardość HRC	Twardość HRC (po nagniataniu)
Ø20	S355J2+AR	1,98	0,63	368	371	95	110	23	26
Ø30	S355J2+N	1,92	0,70	401	406	98	111	19	20
Ø40	42CrMo4+QT	2,01	0,59	952	953	121	136	32	34
Ø50	431	1,75	0,56	698	705	55	65	24	28
Ø60	BA 1032	1,62	0,64	500	503	80	93	22	23
Ø60	C45+QT	2,00	0,68	529	530	56	75	22	25
Ø70	42CrMo4+QT	2,32	0,61	866	868	90	105	31	36
Ø80	S355J2+N	2,11	0,62	360	361	144	157	26	28
Ø100	S355J2+AR	2,71	0,56	357	364	151	162	25	30
Ø105	S355J2+N	2,87	0,60	331	332	120	139	28	31
Ø105	AISI 431	2,41	0,63	741	744	120	134	26	31
Ø110	S355J2+N	2,46	0,67	306	308	122	135	22	27
Ø120	LR-EH36	2,53	0,61	418	419	161	176	29	32
Ø120	316L	2,74	0,66	320	322	155	169	21	24
Ø120	316L	3,00	0,70	320	325	155	171	24	29
Ø130	S355J2+N	2,99	0,56	369	375	118	130	21	22
Ø150	X4CrNiMo16-5-1	2,69	0,55	851	852	126	141	31	32
Ø160	NV-E36	2,22	0,68	387	390	158	174	28	33
Ø170	C45	2,20	0,60	389	391	146	157	30	31
Ø170	C17CrNi16-2	2,49	0,61	714	718	116	134	24	27
Ø190	X4CrNiMo16-5-1	2,39	0,64	824	825	136	151	32	37
Ø193	X4CrNiMo16-5-1	2,33	0,65	913	920	109	119	33	36
Ø240	316L	2,79	0,58	312	314	157	177	22	27
Ø270	34CrNiMo6+QT	2,88	0,65	748	753	104	116	28	31
Ø310	316L	2,16	0,60	305	306	134	150	22	27

Ø330	42CrMo4+QT	2,07	0,57	835	839	138	152	30	34
Ø340	42CrMo4+QT	2,89	0,64	850	856	130	140	31	32
Ø350	42CrMo4+QT	2,80	0,63	861	867	134	148	31	35
Ø360	42CrMo4+QT	2,34	0,67	846	848	142	152	31	34
Ø360	42CrMoS4	2,98	0,58	630	632	110	122	26	31
Ø390	42CrMo4+QT	2,76	0,62	831	837	125	144	30	31
Ø420	S355J2+RT	2,18	0,66	297	303	121	131	23	26
Ø440	S355J2+N	2,75	0,57	312	317	63	82	23	24
Ø510	S355J2G3	2,35	0,58	339	343	133	148	22	23
Ø550	S355J2+N	3,01	0,65	351	358	130	145	21	23
Ø600	42CrMo4+QT	2,90	0,66	811	815	117	137	20	24
Ø620	42CrMo4+QT	2,96	0,57	790	796	116	131	23	28
Ø650	42CrMo4+QT	3,01	0,60	783	785	110	127	20	22
AVG:		2,49	0,62	574,08	577,66	120,95	135,42	25,66	28,76

Tabela 8 Podsumowanie poprawy parametrów z obu serii

Parametr	Seria I - przed nagniataniem	Seria II - po nagniataniu	Różnica
Chropowość Ra	2,49	0,62	401%
Granica plastyczności Re	574,08	577,66	99%
Udarność U	120,95	135,42	89%
Twardość HRC	25,66	28,76	89%

Kamień milowy

W wyniku poprawy parametrów jakościowych po procesie nagniatania DYNPAP zmienił wartości referencyjne według **Tabela 9**

Tabela 9 Wartości referencyjne poszczególnych parametrów po procesie nagniatania

Parametr	Wartość referencyjna
Granica plastyczności	380 MPa
Udarność	132 J
Twardość	24 HRC
Chropowość Ra	0,63

Ponadto partia produkcyjna została wykonana bez opóźnień i w zamierzonych ramach czasowych, co oznacza możliwość przeprowadzenia kolejnych partii produkcyjnych.

Tabela 1 Kategorie podziału średnic wałów	2
Tabela 2 Zestawienie danych dla parametru jakościowego - granica plastyczności	8
Tabela 3 Zestawienie danych dla parametru jakościowego - twardość	12
Tabela 4 Zestawienie danych parametru jakościowego - chropowatość Ra	14
Tabela 5 Zbiorcze podsumowanie danych	16
Tabela 6 Wartości referencyjne poszczególnych parametrów	17
Tabela 7 Podsumowanie danych z pierwszej serii produkcyjnej i po serii 2 z uwzględnieniem nagniatania	23
Tabela 8 Podsumowanie poprawy parametrów z obu serii	24
Tabela 9 Wartości referencyjne poszczególnych parametrów po procesie nagniatania	25

Wykres 1	Graficzne zestawienie danych dla parametru - granica plastyczności.....	9
Wykres 2	Graficzne zestawienie danych dla parametru - udarność.....	11
Wykres 3	Graficzne zestawienie danych dla parametru - twardość.....	13
Wykres 4	Graficzne zestawienie danych dla parametru - chropowatość Ra	15
Wykres 5	Poprawa parametru granicy plastyczności po procesie nagniatania	19
Wykres 6	Poprawa parametru udarności po procesie nagniatania	20
Wykres 7	Poprawa parametru twardości po procesie nagniatania	21
Wykres 8	Poprawa parametru chropowatości po procesie nagniatania	22