

Podstawy Konstrukcji Maszyn

Wykład nr. 1 (17 03 2021)

Zaliczenie tryb zdalny:

Test online na koniec semestru –

obejmujące : - część teoretyczną

Minimum na ocenę dostateczną 50%

- termin zerowy
- termin w sesji zasadniczej
- termin w sesji poprawkowej

Istnieje możliwość przepisania oceny z PKM ale powyżej 3.5

Zaliczenie tryb normlany:

Kolokwium na koniec semestru –

obejmujące : - część teoretyczną
- obliczenia (tylko inż. i zarz.)

Minimum na ocenę dostateczną 50%

- termin zerowy
- termin w sesji zasadniczej
- termin w sesji poprawkowej

(prowadzący dołoży wszelkich starań aby praca była samodzielna)

Istnieje możliwość przepisania oceny z PKM ale powyżej 3.5

Literatura:

- „*Podstawy Konstrukcji Maszyn*” – *Wybrane zagadnienia*; Marek Kochanowski – skrypt PG 2002r.
- „*Podstawy konstrukcji maszyn*” pod redakcją Marka Dietricha, WNT 1999 (wiele wydań w różnych latach)
- „*Design of machine elements*” – M.F. Spotts, T. E. Shoup, L. E. Hornberger
- Skrypty wydane na PG: „*Wały i Osie*”, „*Połączenia wału z piastą*”, „*Elementy podatne*”, „*Łożyska ślizgowe*” i inne
- I wiele innych w tym dostępnych z baz Biblioteki Głównej – dostęp on-line (np. Knovel)

Lista zagadnień poruszanych podczas wykładów

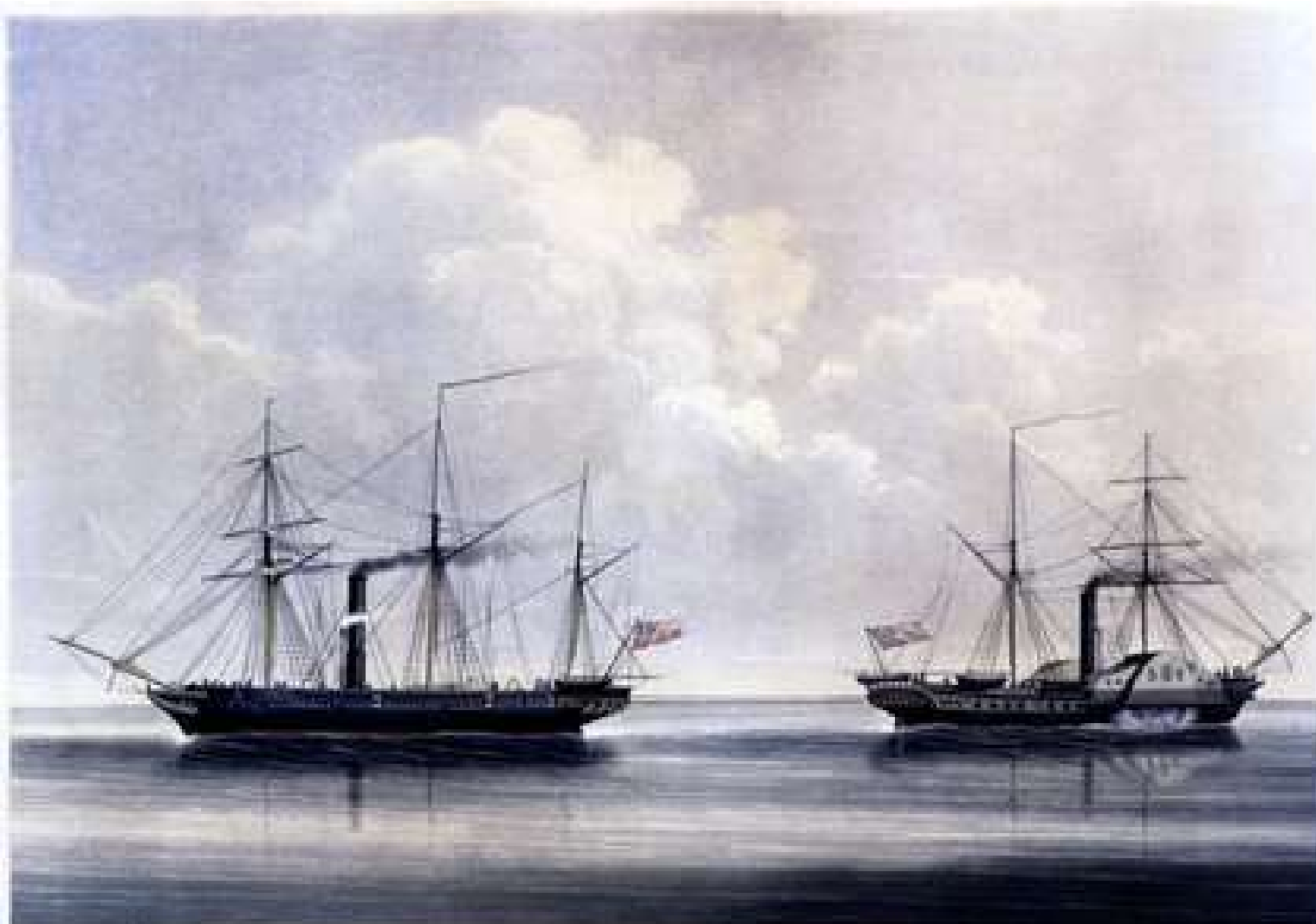
1. Proces projektowy w konstrukcji maszyn, ocena jakości
2. Dokładność obróbki i montażu
3. Obróbka i montaż części maszyn
4. Pojęcia i podstawowe obliczenia
5. Podstawowe rodzaje i obliczanie połączeń nierozłącznych
6. Rodzaje i obliczenia połączeń rozłącznych
7. Elementy podatne, obliczenia
8. Wały i osie, konstrukcja i obliczanie
9. Połączenia wału z piastą, typy i obliczenia
10. Sprzęganie wałów, rodzaje i obliczenia
11. Łożyskowanie ślizgowe i toczne, typy i podstawowe obliczenia
12. Przekładnie zębate, typy, dobór, podstawowe obliczenia
13. Przekładnie pasowe i łańcuchowe, typy i dobór

Sekwencja – przedmioty i zagadnienia poprzedzające

- **MECHANIKA II** (statyka belki, naprężenia ścinające, zginające, rozciągające, sumowanie naprężeń)
- **Grafika inżynierska** (czytanie i tworzenie dokumentacji)
- **Materiałoznawstwo i techniki wytwarzania** (materiały metalowe i niemetalowe, spawalnictwo, obróbka metali)

Rys historyczny

4000 r.p.n.e.	Wytapianie metali (miedź)
3700 r.p.n.e.	Odewanie metali
3700 r.p.n.e.	Wóz kołowy
700 r.p.n.e.	Krążek linowy (tzw. talia) – maszyna prosta
80 r.p.n.e.	Młyny wodne, maszyny nawadniające
1250 r.n.e.	Okrętowy ster zawiasowy
1350 r.n.e.	Tokarka
1400 r.n.e.	Opanowana technologia uzyskiwania surówki żelazna
1781 r.	J. Watt buduje maszynę parową
1794 r.	Maudslaya udoskonala tokarkę
1827 r.	Powstaje pierwsza turbina wodna
1870 r.	Tokarka automatyczna
1876 r.	Silnik gazowy Otto
1879 r.	Thomas Alva Edison patentuje żarówkę elektryczną
1884 r.	Turbina parowa
1898 r.	Stale narzędziowe szybko tnące
1903 r.	Pierwszy lot samolotem – bracia Wright (efekt badań naukowych i prac projektowych – wzorowe podejście!)
1913 r.	Ford – produkcja masowa na taśmie produkcyjnej

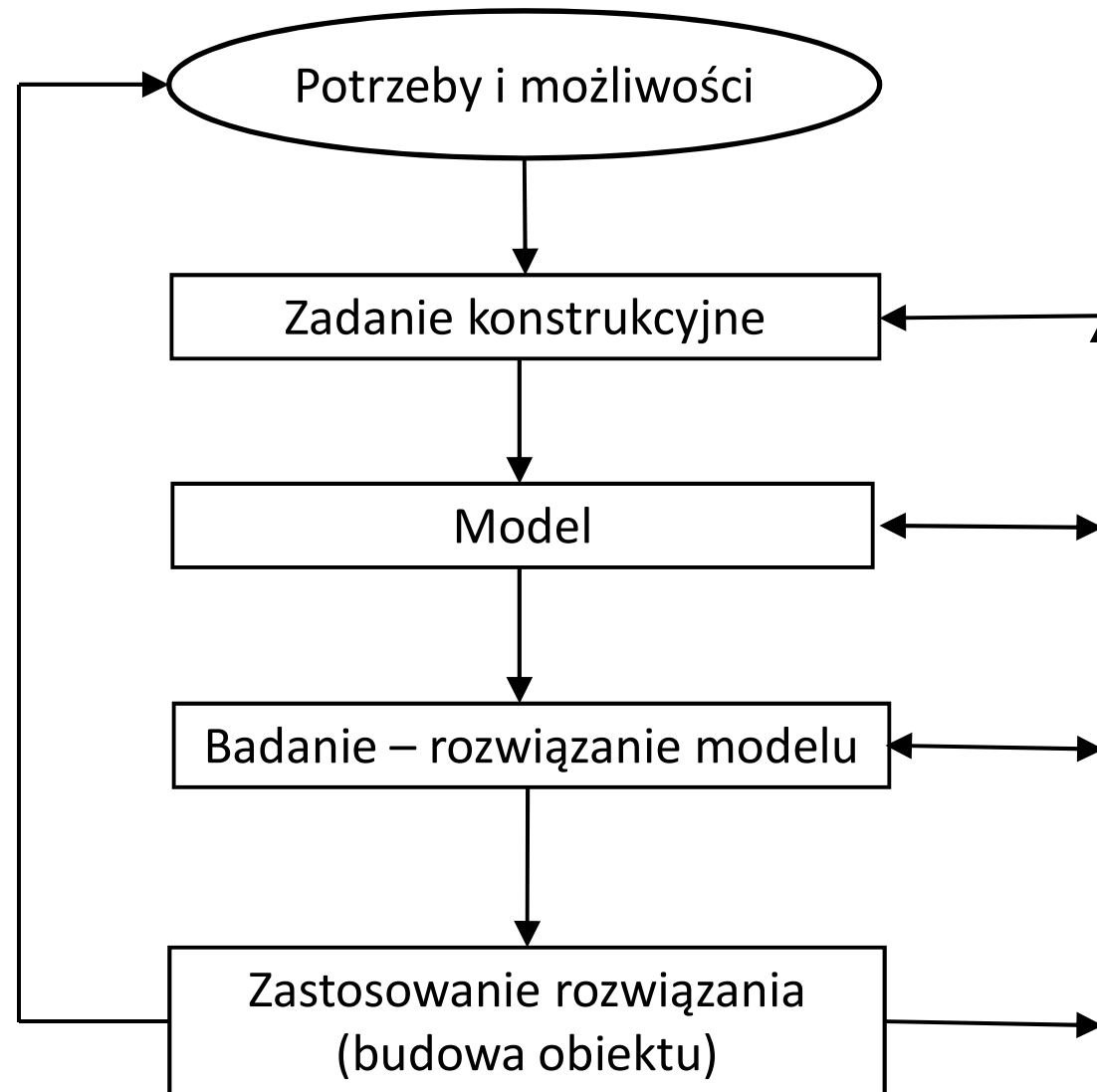


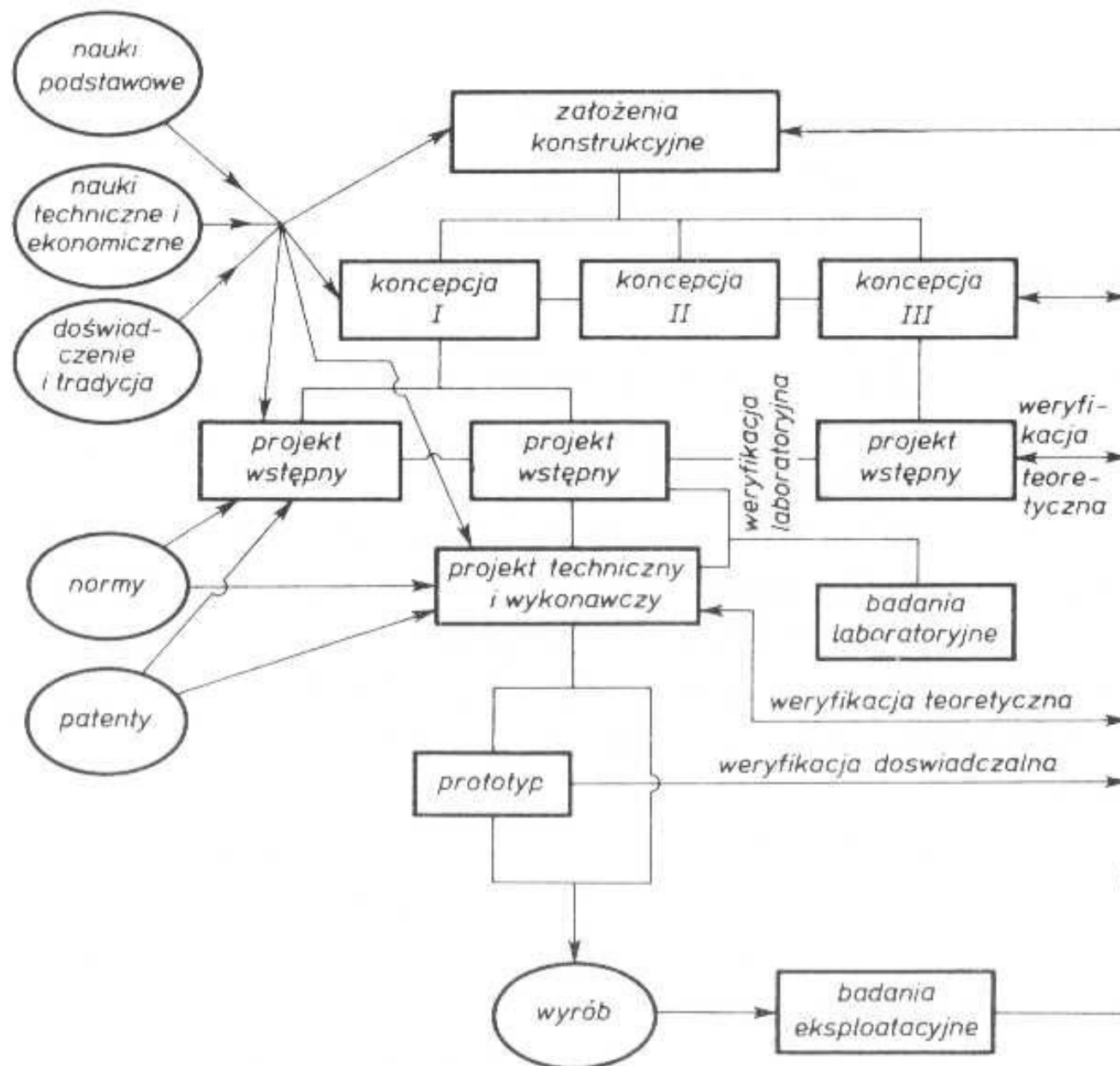
H.M.S. RATTLE AND ALECTO TOWING BUREAU TO STEER.

(Small, illegible text below the main caption, likely a detailed description of the scene or a historical note.)

„przeciąganie liny” HMS Rattler vs. „Alecto” – początki napędu wałowego statków
1843r.

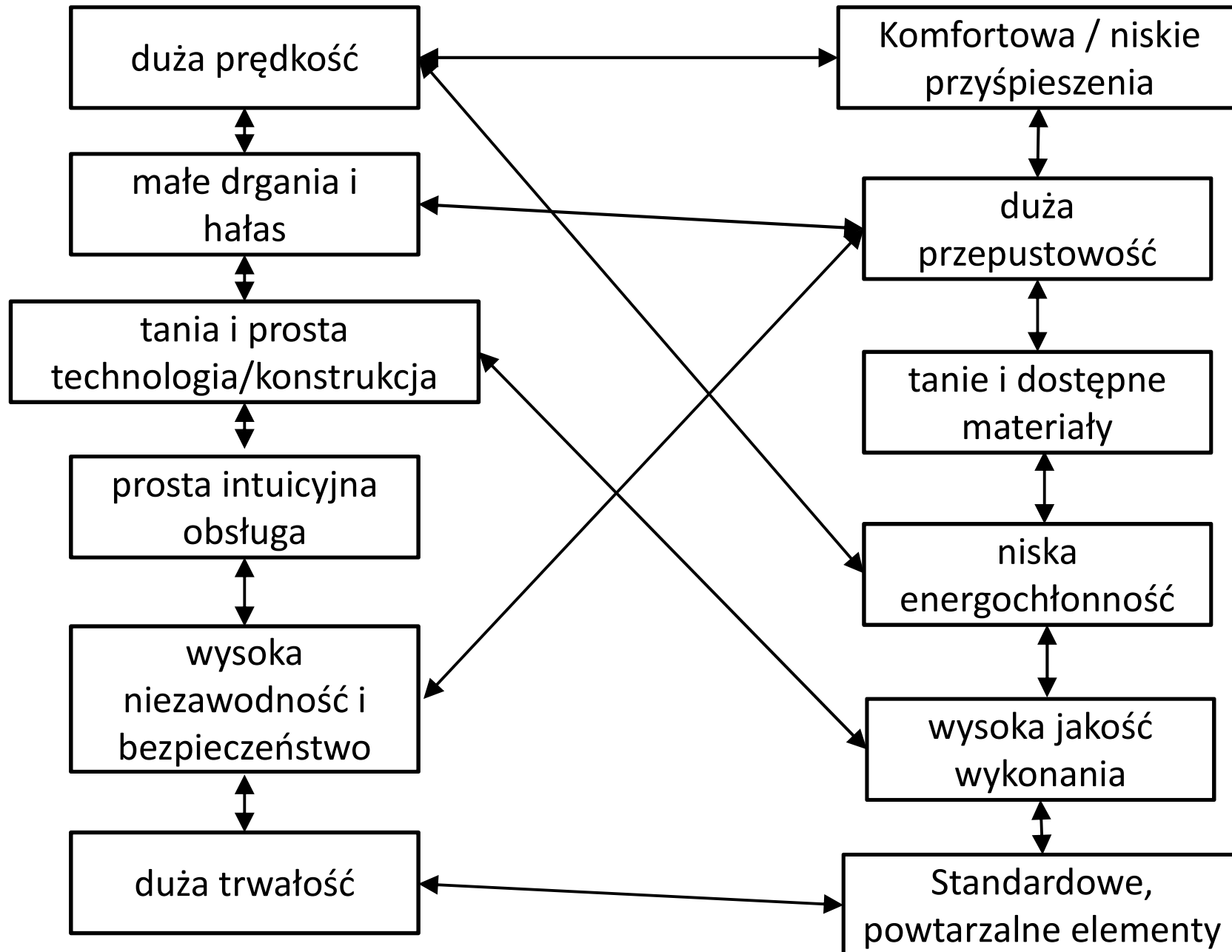
Proces projektowy w konstrukcji maszyn – ogólny schemat procesu konstruowania

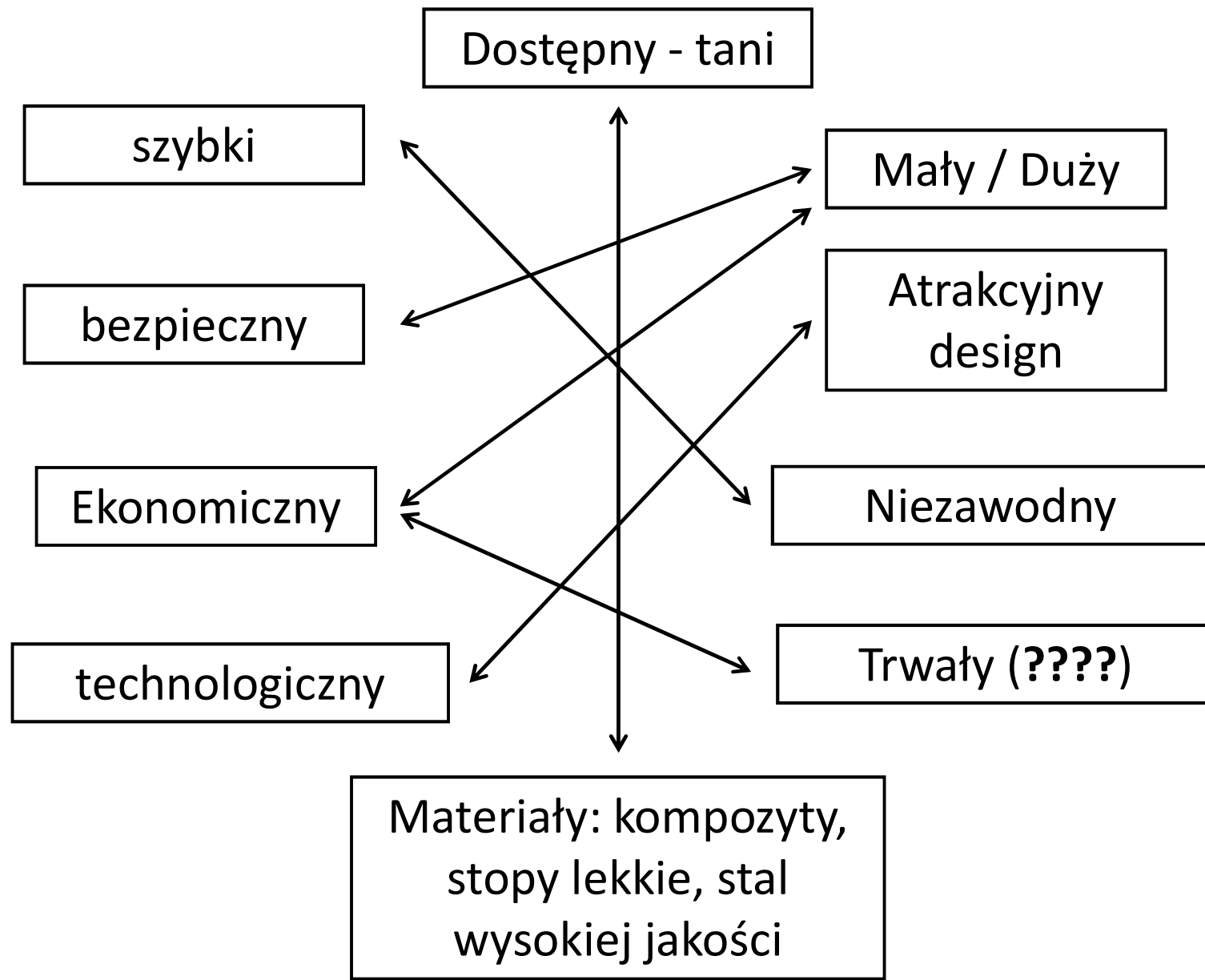




RYS. 1.3. Schemat procesu konstruowania

Wybrane czynniki wpływające na konstrukcję dźwigu osobowego





Jaki powinien być nowoczesny pojazd?? Cechy wzajemnie się wykluczają

*Dokumentacja wyrobu
(maszyny, urządzenia)*

Dokumentacja konstrukcyjna

- *zależności konstrukcyjne*
- *warianty rozwiązań, szkice*
- *obliczenia sprawdzające*
- *wyniki analizy wykreślnej, rozkłady i tańcuchy sił*
- *schematy strukturalne i kinematyczne*
- *schematy montażowe, połączeń*
- *rysunki złożeniowe całości wyrobu z podanymi warunkami technicznymi*
- *rysunki złożeniowe zespołów głównych i zespołów rzędów niższych, wykazy części*
- *rysunki wykonawcze części*
- *warunki techniczne odbioru i dokumentacja techniczno-ruchowa (DTR)*
- *rysunek ofertowy wyrobu.*

Dokumentacja technologiczna

- *karty technologiczne*
- *instrukcje obróbki*
- *instrukcje uzbrojenia (ustawienia) narzędzi i przyrządów w obrabiarce*
- *instrukcje obróbki cieplnej*
- *instrukcje obróbki powierzchni, np. obróbki galwanicznej*
- *instrukcje kontroli (opracowane na podstawie rysunku konstrukcyjnego)*
- *instrukcje montażu*
- *karty kalkulacyjne*
- *spisy pomocy warsztatowych (przyrządów i uchwytów, narzędzi, sprawdzianów).*



Pomysł powstał w styczniu 1940 roku. Pomysł został zaakceptowany i po przedstawieniu ogólnego planu podpisano 23 maja 1940 umowę na produkcję prototypu NA-73X. Prototyp oblatano 26 października 1940.

Projektowanie „kiedyś”



Life before AUTOCAD

Photo by SAAB



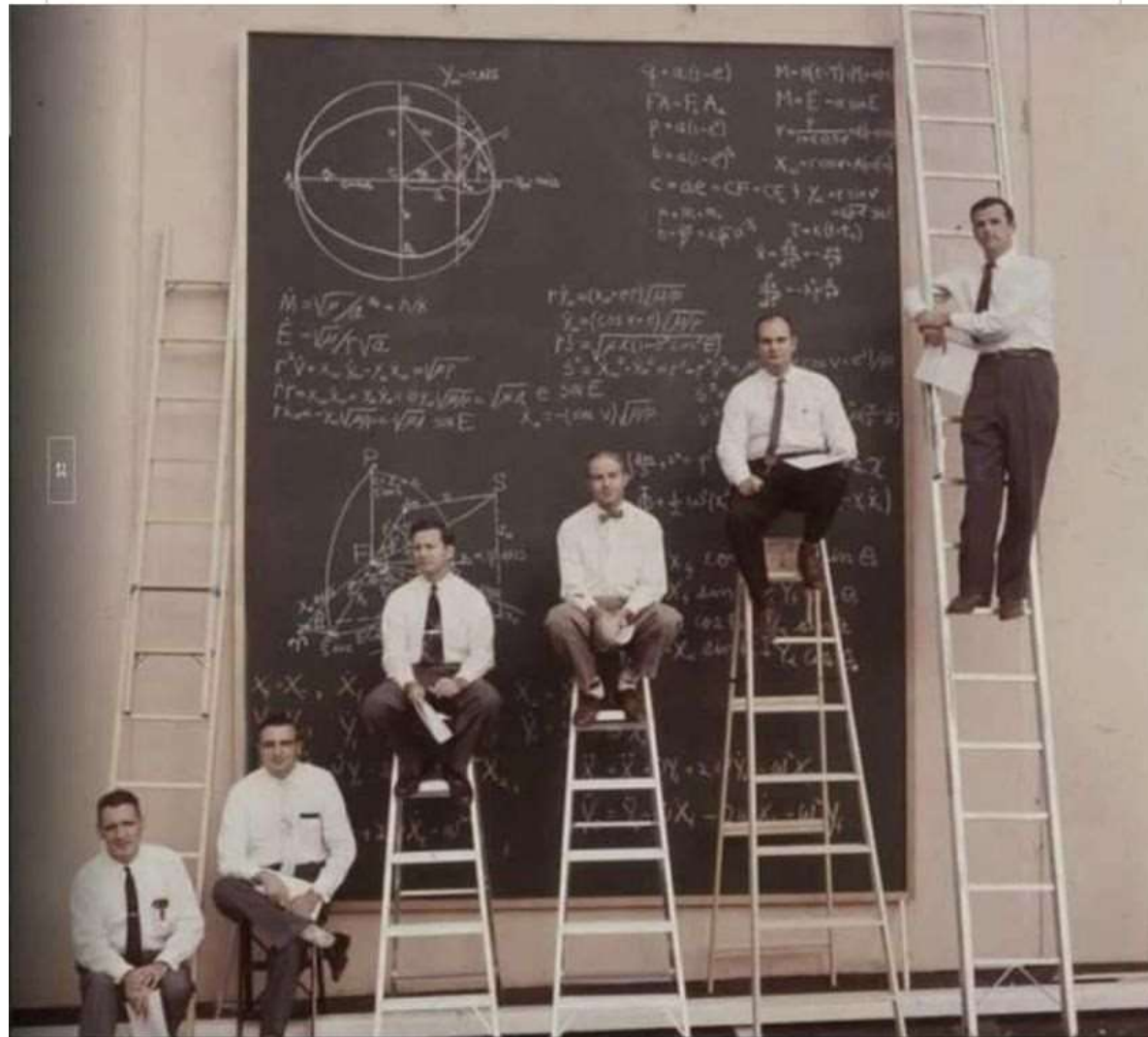


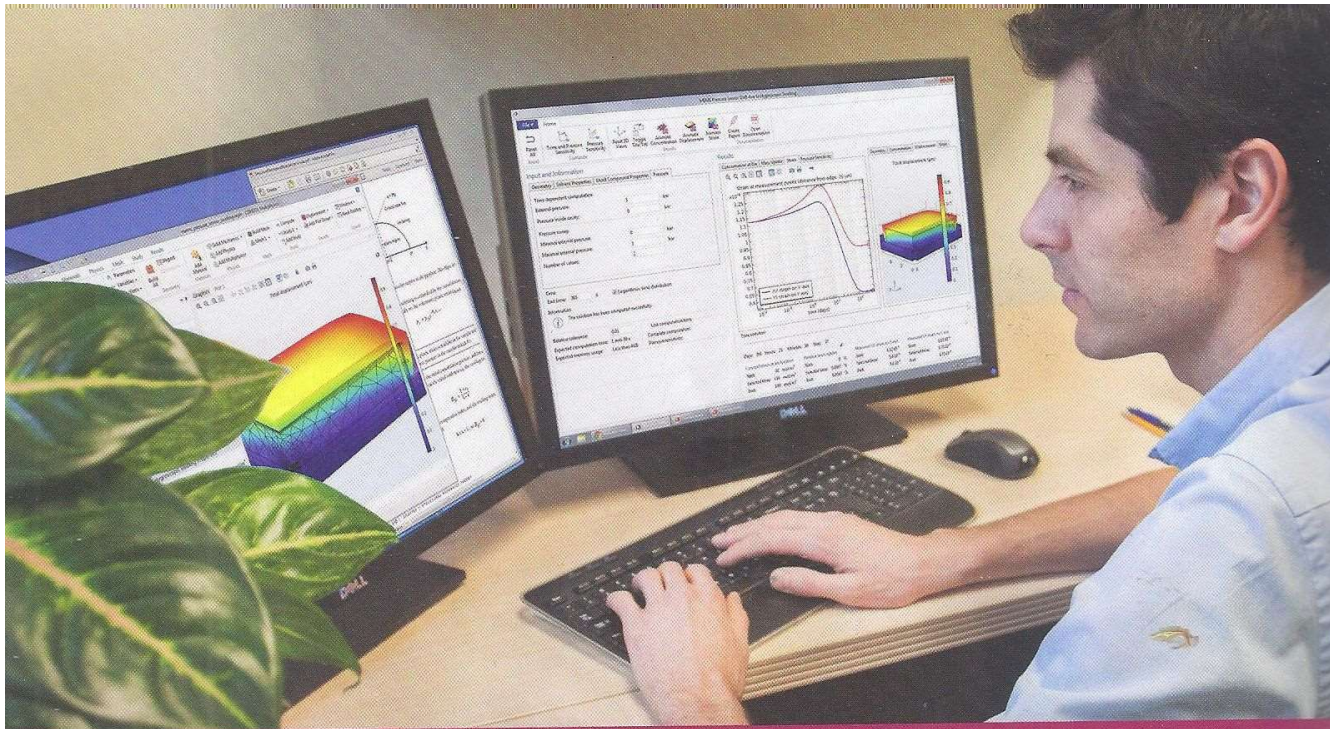
Historic Photographs



1 dzień · 🌐

This is what a pre-power point presentation looked like at NASA in 1961.





MULTIPHYSICS FOR EVERYONE

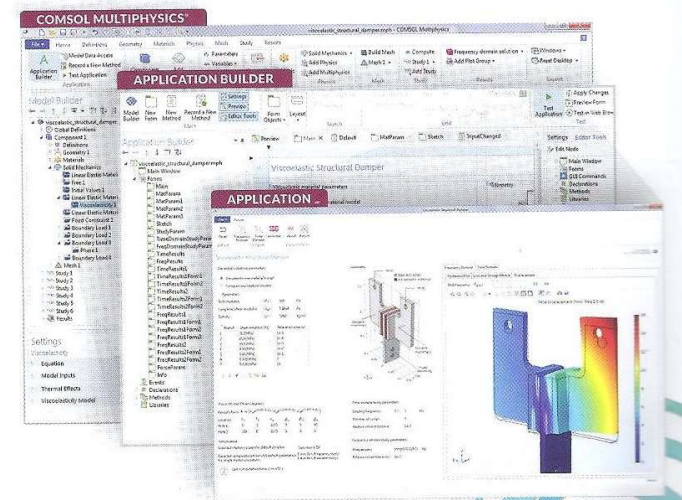
The evolution of computational tools for numerical simulation of physics-based systems has reached a major milestone.

Custom applications are now being developed by simulation specialists using the Application Builder in COMSOL Multiphysics®.

With a local installation of COMSOL Server™, applications can be deployed within an entire organization and accessed worldwide.

Make your organization truly benefit from the power of analysis.

[comsol.com/application-builder](https://www.comsol.com/application-builder)



Produkcja „kiedyś”



In den Gründerjahren nach der Formierung des Deutschen Reichs im Jahr 1871 blüht die deutsche Industrie auf. Die Firma Krupp in Essen – hier ein Bild aus der Lokomotiv- und Wagenräder-Fabrikation um 1900 – wird zum größten Industrieunternehmen Europas.

In the years following the constitution of the Reich in 1871, German industry began to flourish. The Krupp company in Essen – pictures here is locomotive and carriage wheel manufacture around 1900 – became Europe's largest industrial enterprise.

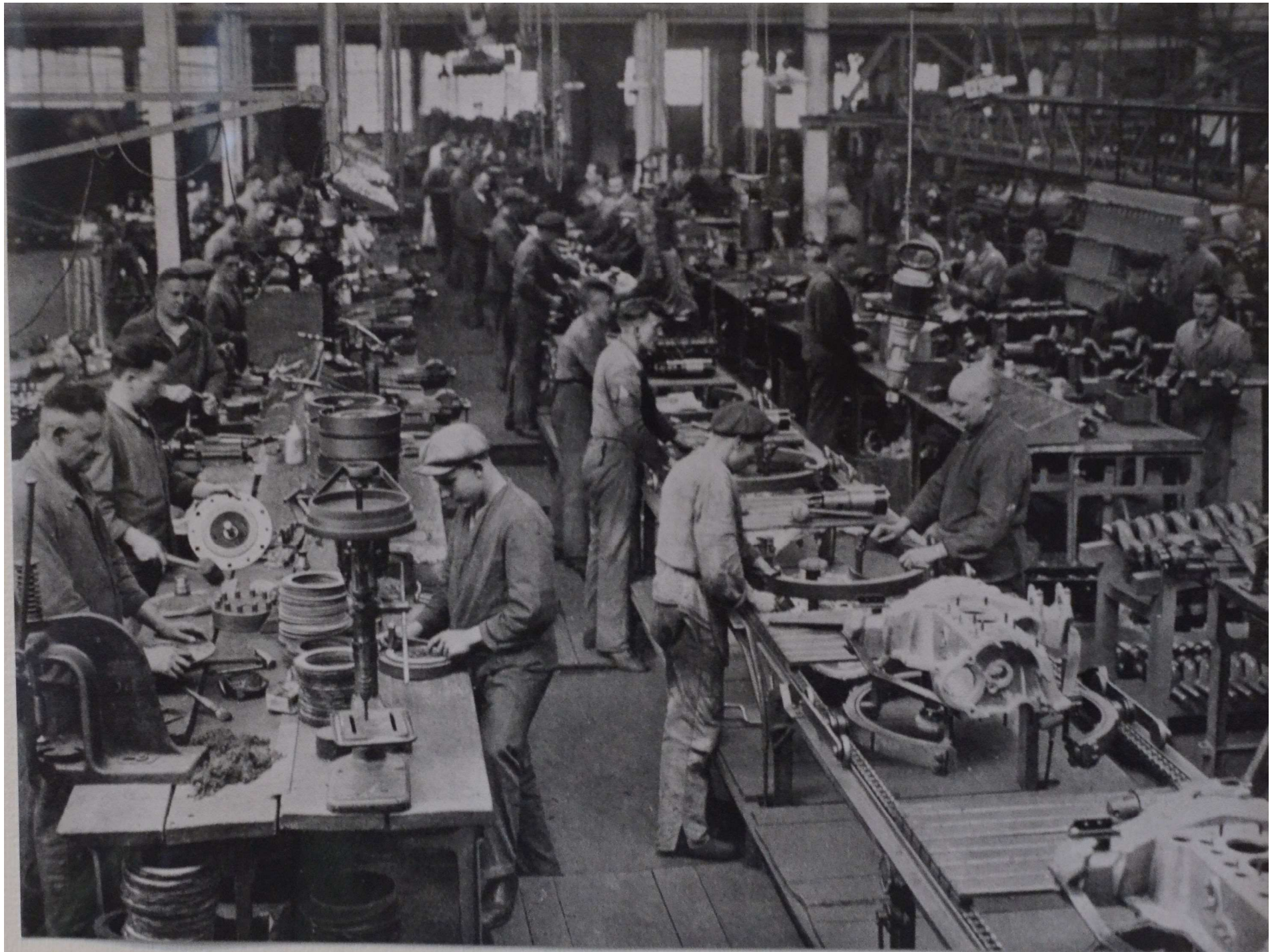
Gründerzeit The Gründerzeit period

Mitte des 19. Jahrhunderts wandelt sich das spätere Deutsche Reich vom Agrar- zum Industriestaat. Große Industrieunternehmen lösen die handwerkliche Fertigung in Manufakturen ab, und eine Vielzahl neuer Produkte, Parteien, Vereine und Firmen gibt dieser Ära des Aufbruchs ihren Namen: »Gründerzeit«.

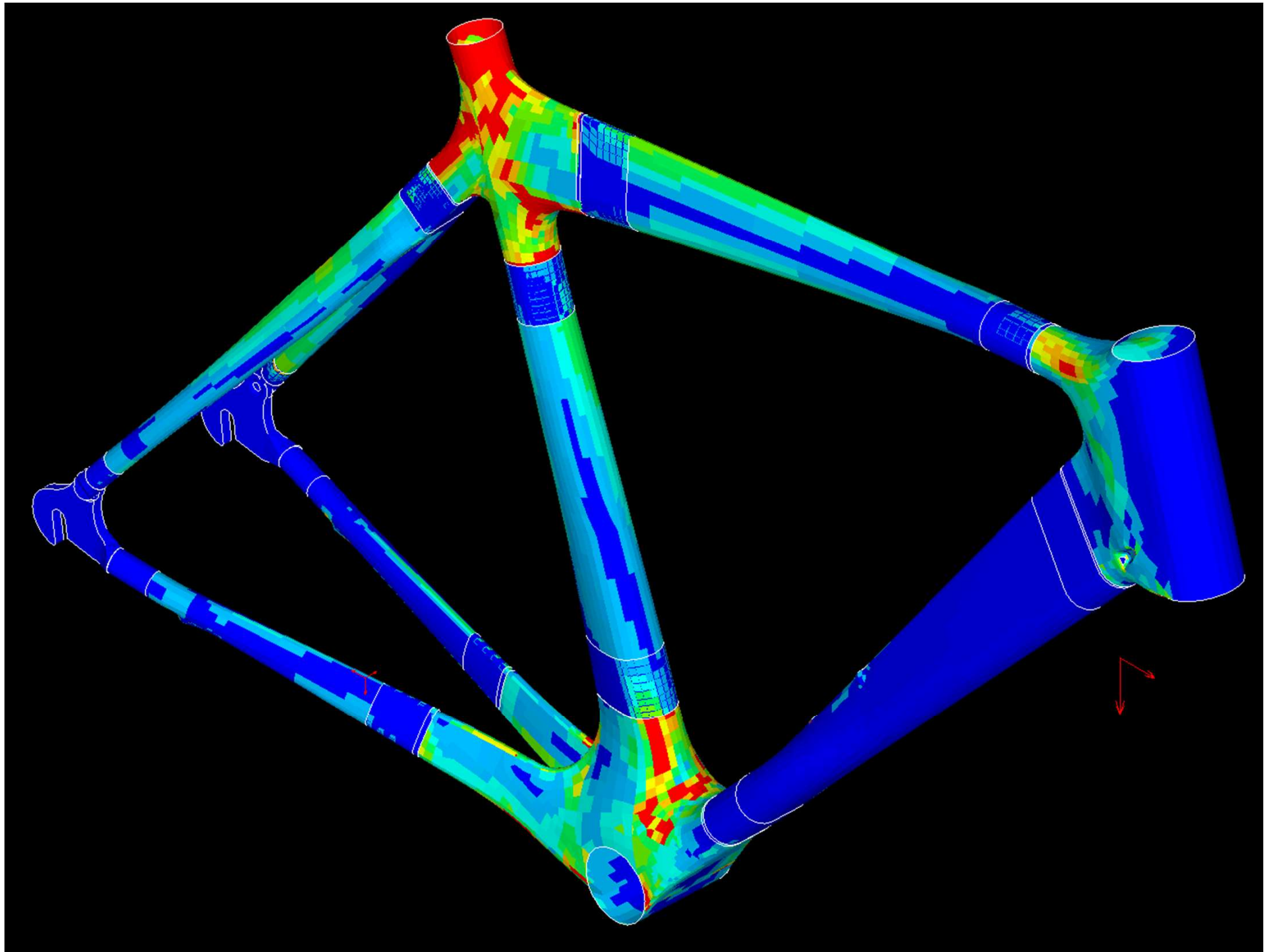
In the mid-nineteenth century, the parts of Germany which were to become the German Reich transformed from agrarian into industrial country. Large-scale industrial enterprises superseded manual production in manufactories, and a vast number of new products, parties, associations and firms gave this era of awakening its name: the Gründerzeit.



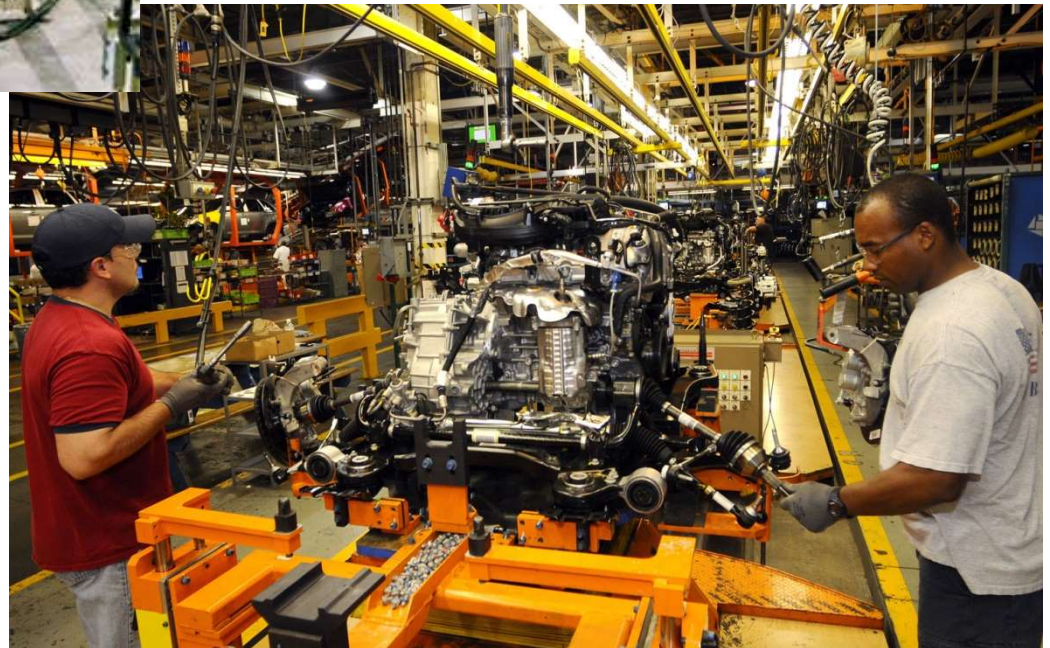
Wśród wielu pomysłów Whitneya, duże znaczenie dla rozwoju przemysłu miał pomysł wykorzystania linii montażowej w produkcji masowej; pomysł ten wykorzystał z powodzeniem Henry Ford (zdjęcie), a później także inni przemysłowcy.







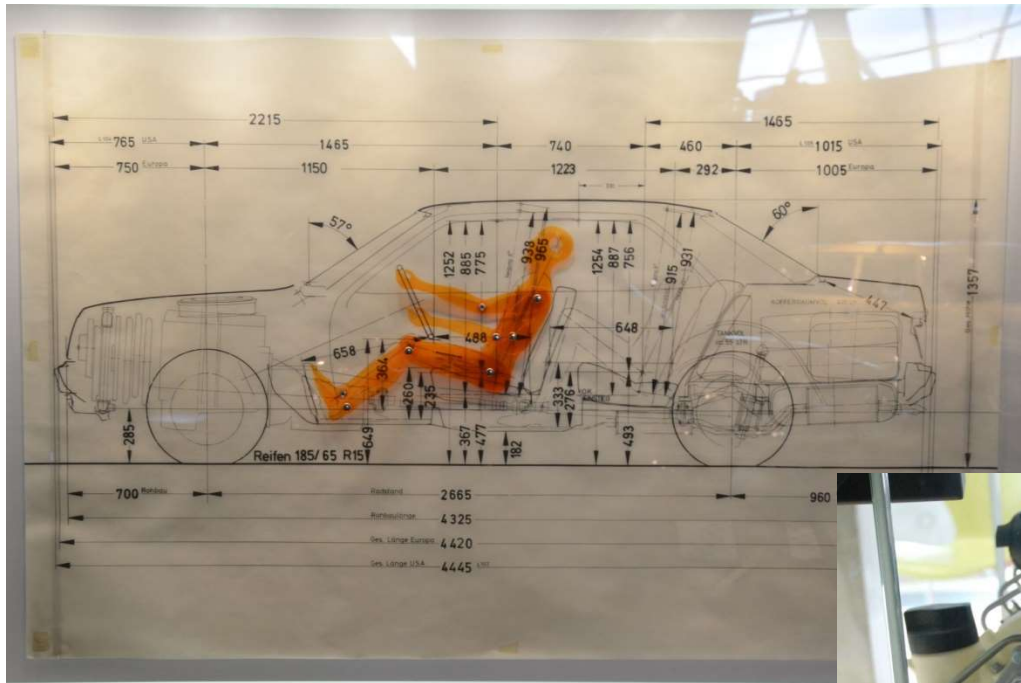
Produkcja masowa „dziś”



Nowoczesny produkt (jednostkowy) a technologia



Modele wczoraj i dziś



Mercedes 1960r.



Model silnika firmy Mercedes – rapid prototyping

Ogólne zasady konstrukcji

1. Konstrukcja powinna spełniać wszystkie podstawowe warunki wynikające ze szczegółowych zasad w stopniu równym lub wyższym od założonego.
2. Konstrukcja powinna być optymalna (polioptymalna) w danych warunkach ze względu na przyjęte kryterium (kryteria) optymalizacji.

Konstrukcja spełniająca pierwszą zasadę jest konstrukcją poprawną.

Konstrukcja spełniająca drugą zasadę jest konstrukcją optymalną (polioptymalną).

Szczegółowe zasady konstrukcji:

1. **Funkcjonalność** – poprawne spełnianie przez maszynę (urządzenie) założonych funkcji.
2. **Niezawodność** – uzyskanie żądanego prawdopodobieństwa pracy bez awarii w określonym czasie.
3. **Trwałość** – pozostawanie w stanie zdolności do poprawnej pracy aż do stanu granicznego.
4. **Sprawność** – stosunek energii efektywnie zużytkowanej do energii doprowadzonej.
5. **Lekkość** – obniżenie kosztów wytwarzania przez zmniejszenie zużycia materiału.
6. **Taniość i dostępność materiałów.**
7. **Właściwy układ przenoszenia obciążeń** – dobór schematu konstrukcyjnego odpowiedni do danego układu przenoszenia obciążeń.
8. **Technologiczność** – dopasowanie konstrukcji do wymagań technologii.
9. **Łatwość eksploatacji** – prostota obsługi i łatwość napraw.
10. **Ergonomiczność** – dostosowanie maszyn do potrzeb i możliwości obsługującego ją człowieka.
11. **Zgodność z obowiązującymi przepisami i normami.**

Poziom innowacyjności w projektowaniu:

- **rutynowe** (projektowanie na bazie elementów znormalizowanych)
- **projektowanie innowacyjne** (wprowadzenie zmian w strukturze części)
- **projektowanie kreatywne** (całkowita zmiana w koncepcji realizacji określonych funkcji)

Technologiczność: czyli technologiczna poprawność oznacza cechy, konstrukcji sprzyjające jej zrealizowaniu w postaci wyrobu w konkretnych warunkach produkcji przy jak najmniejszej pracochłonności i kosztach własnych.

Potocznie: „jak to zrobić przy pomocy dostępnych środków produkcji najszybciej i najtaniej”

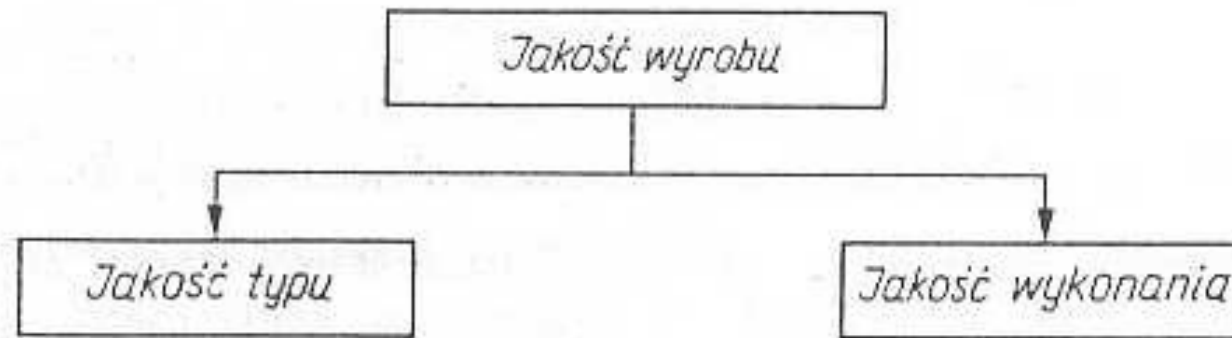
Dlatego od konstruktora wymaga się aby dysponował odpowiednim poziomem aktualanej (!) wiedzy z zakresu technologii, konstrukcji, montażu i eksploatacji.

Najważniejsze wskaźniki technologiczności:

Pracochłonność wykonania – wyrażona w normowanych godzinach pracy, z podziałem na obróbkę bezwiórową, skrawaniem, cieplną, robót spawalniczych, montażu i prac wykończeniowych.

Materiałochłonność – wyraża masę i/lub koszty materiałów zużytych na wykonanie detalu

1b. Ocena jakości



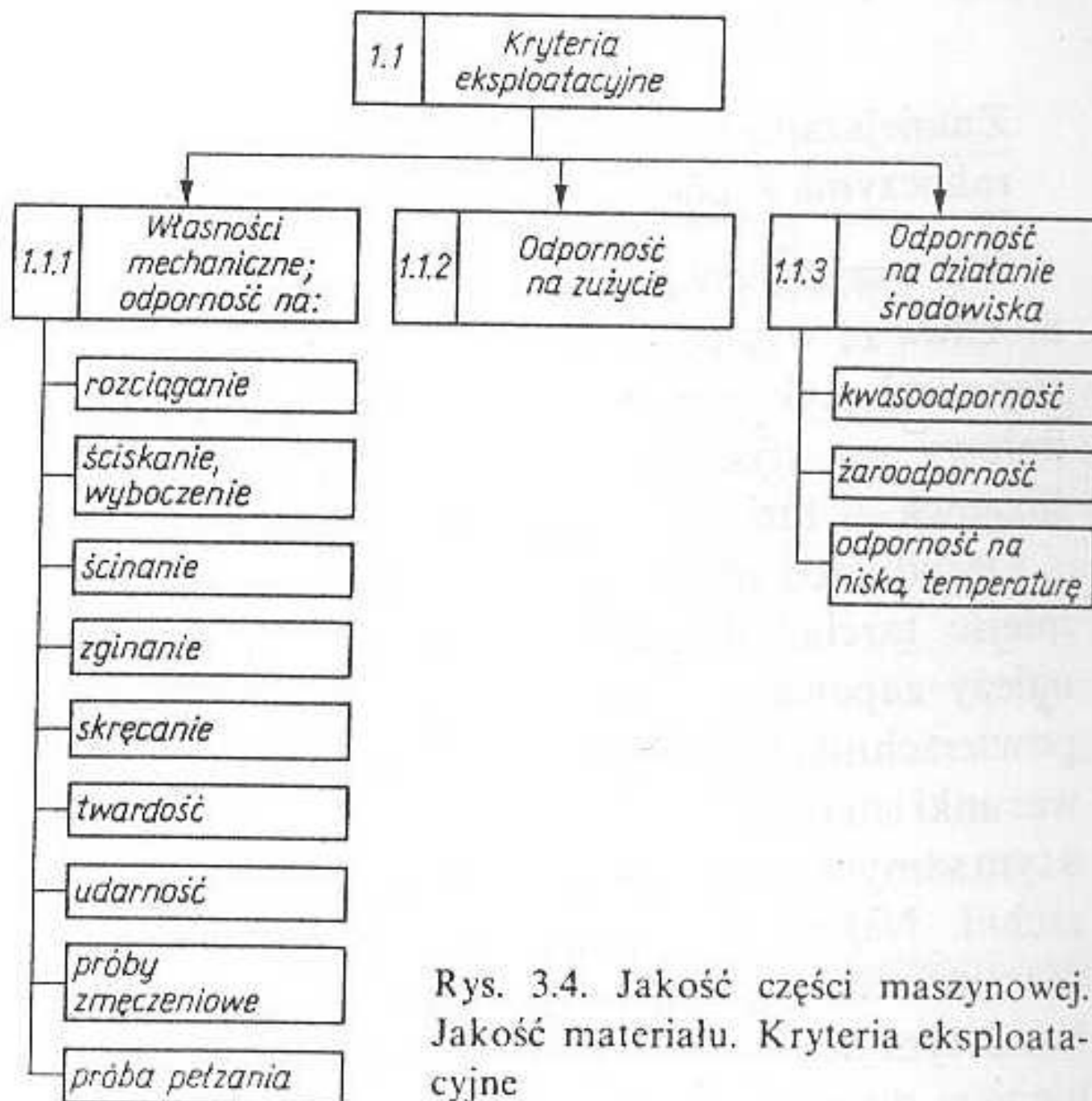
Rys. 3.1. Jakość wyrobu

Jakość typu wyraża poziom technicznego rozwiązania, nowoczesności konstrukcji.

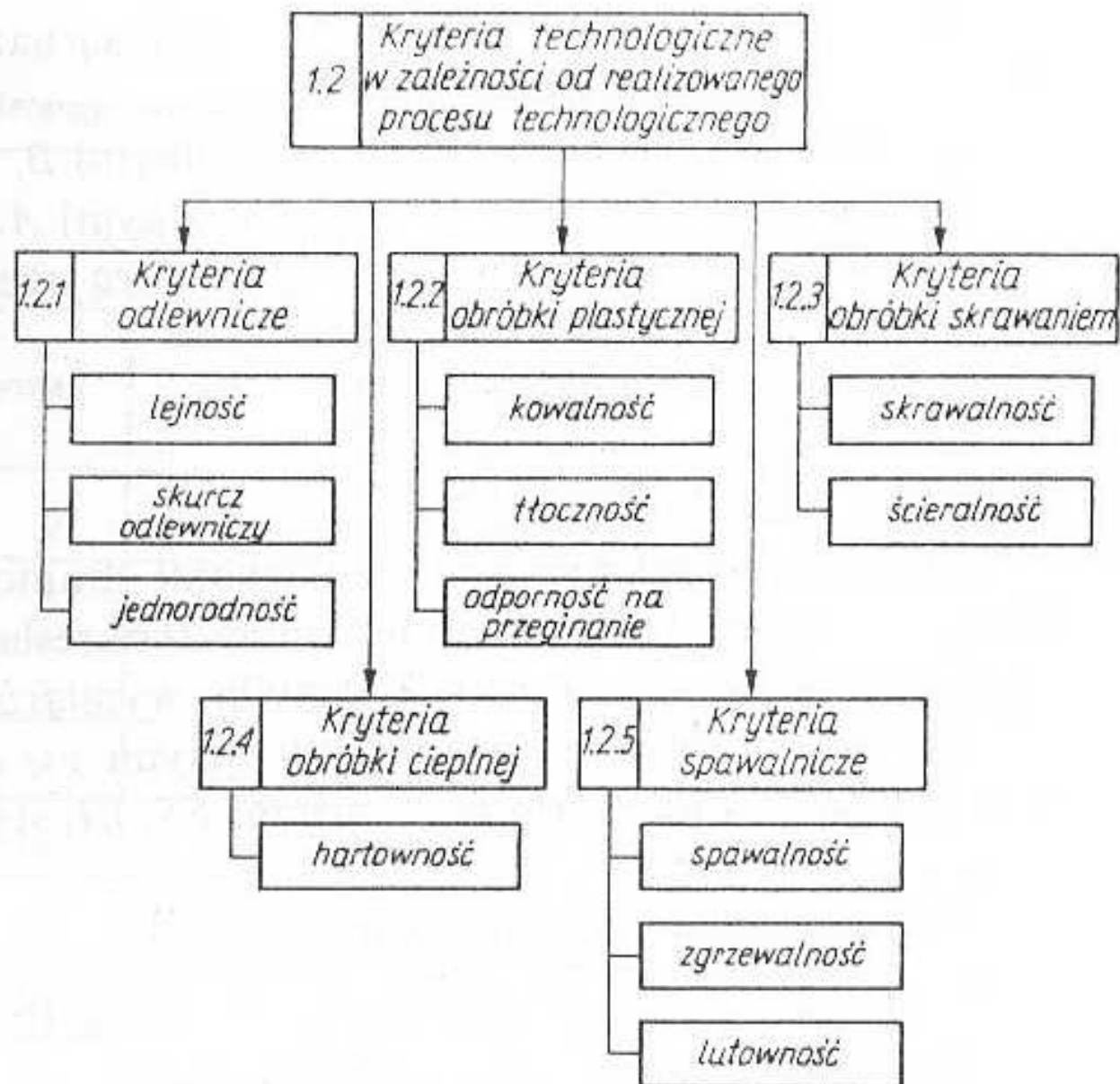
Jakość wykonania wyraża stopień zgodności wartości cech wyrobu z założeniami konstrukcyjnymi, technologicznymi i warunkami odbioru składającymi się na wartość użytkową wyrobu. W wyrobie wadliwym występują wady, defekty, tj. niezgodność poszczególnych własności wyrobu z wymaganiami rysunku, normy lub warunków technicznych (WT).



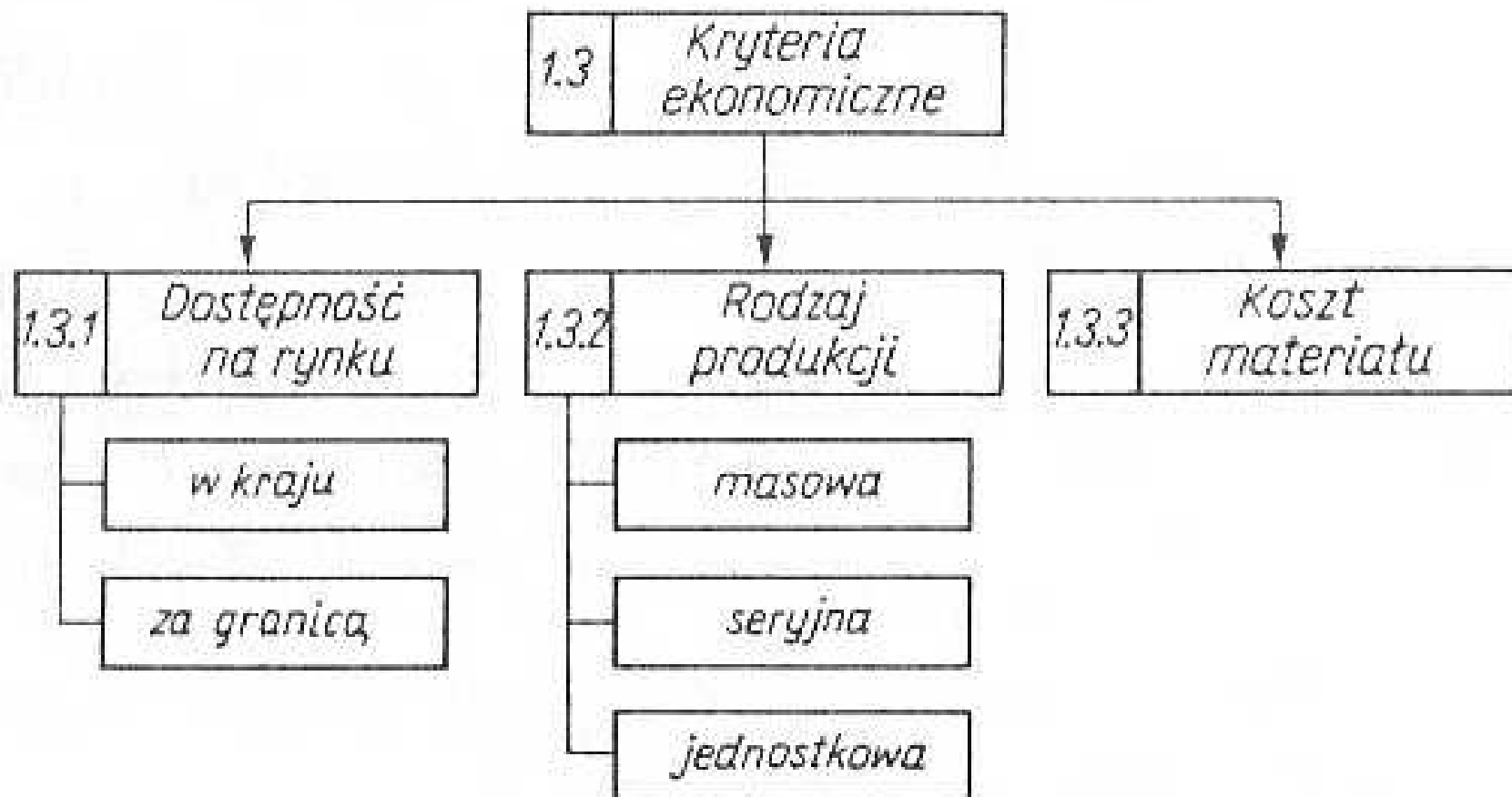
Rys. 3.2. Cechy, od których zależy jakość części maszynowej



Rys. 3.4. Jakość części maszynowej. Jakość materiału. Kryteria eksploatacyjne



Rys. 3.5. Jakość części maszynowej. Jakość materiału. Kryteria technologiczne

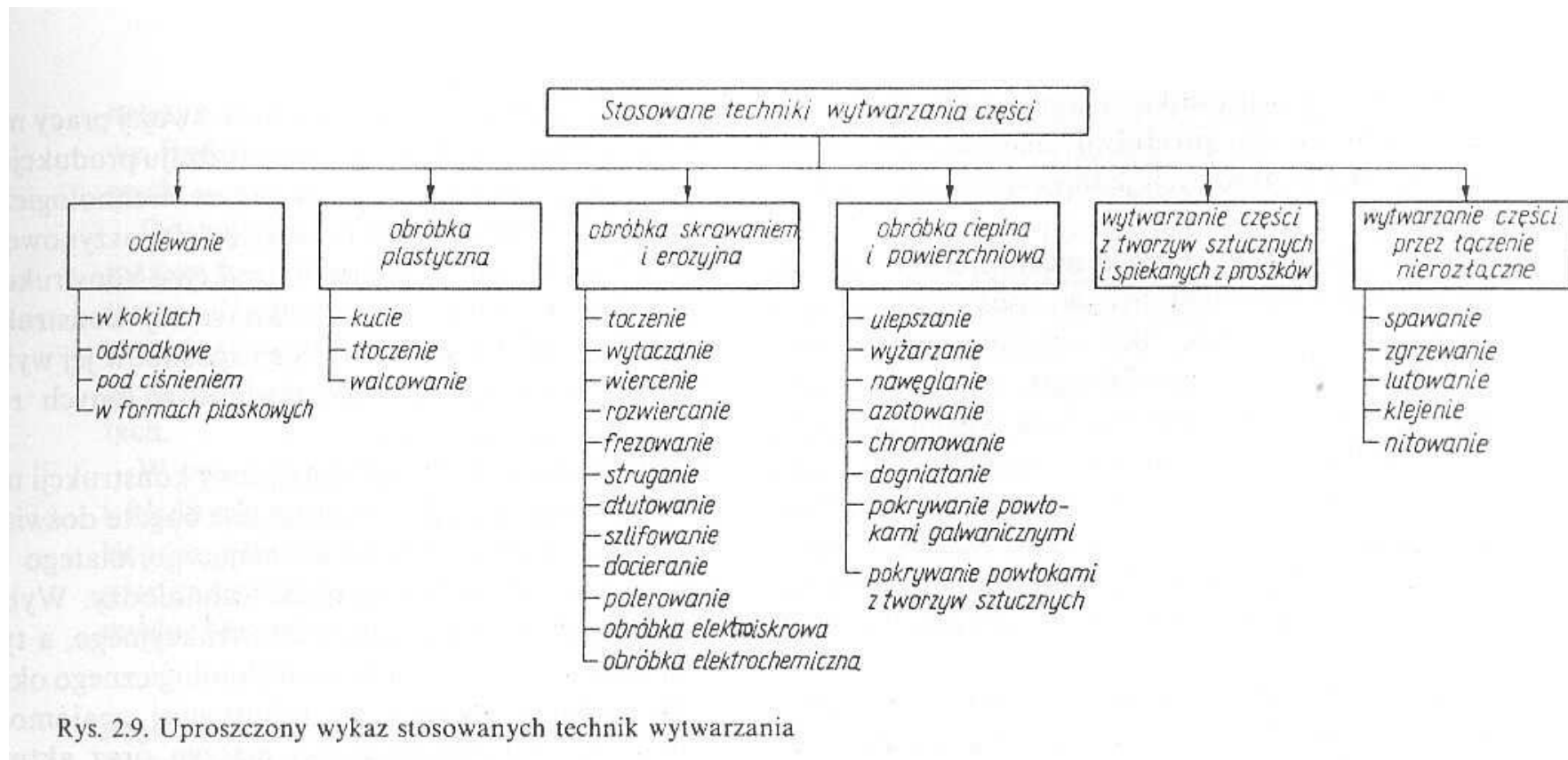


Rys. 3.6. Jakość części maszynowej. Jakość materiału. Kryteria ekonomiczne

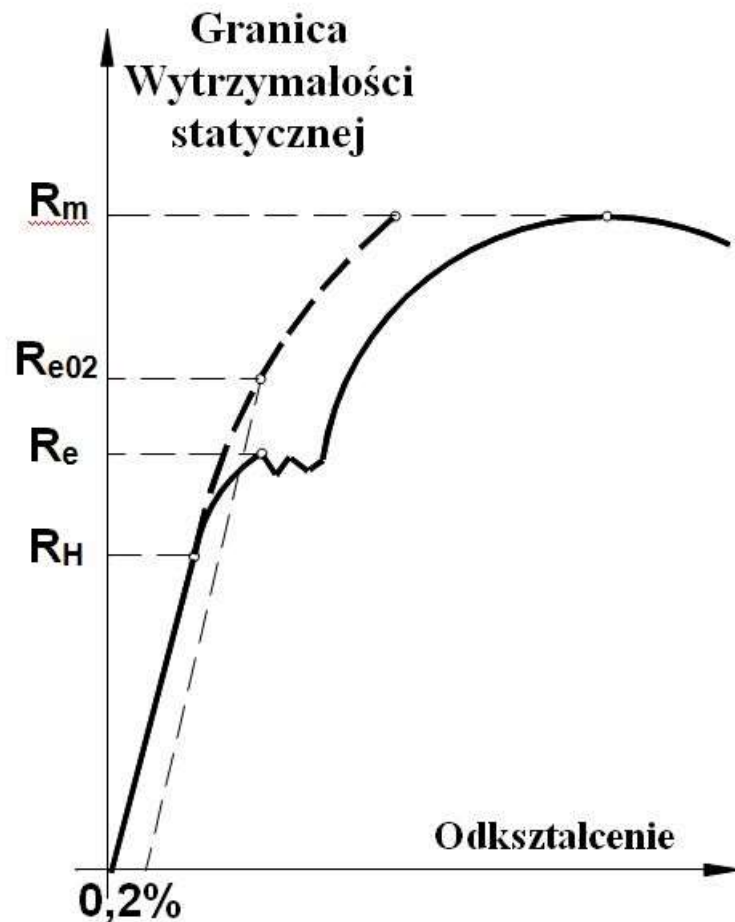
Orientacyjne wielkości różnych rodzajów produkcji*

Rodzaj produkcji	Wielkość produkcji rocznej jednego rodzaju wyrobu (w liczbach sztuk)		
	Wyroby		
	ciężkie	średnie	lekkie
jednostkowa	do 5	do 10	do 50
małoseryjna	5 ÷ 100	10 ÷ 200	50 ÷ 500
seryjna	100 ÷ 300	200 ÷ 500	500 ÷ 5000
wielkoseryjna	300 ÷ 1000	500 ÷ 5000	5000 ÷ 50000
masowa	powyżej 1000	powyżej 5000	powyżej 50000

*1) wg M. Felda „Projektowanie procesów technologicznych typowych części maszyn” — WNT 1976 r.

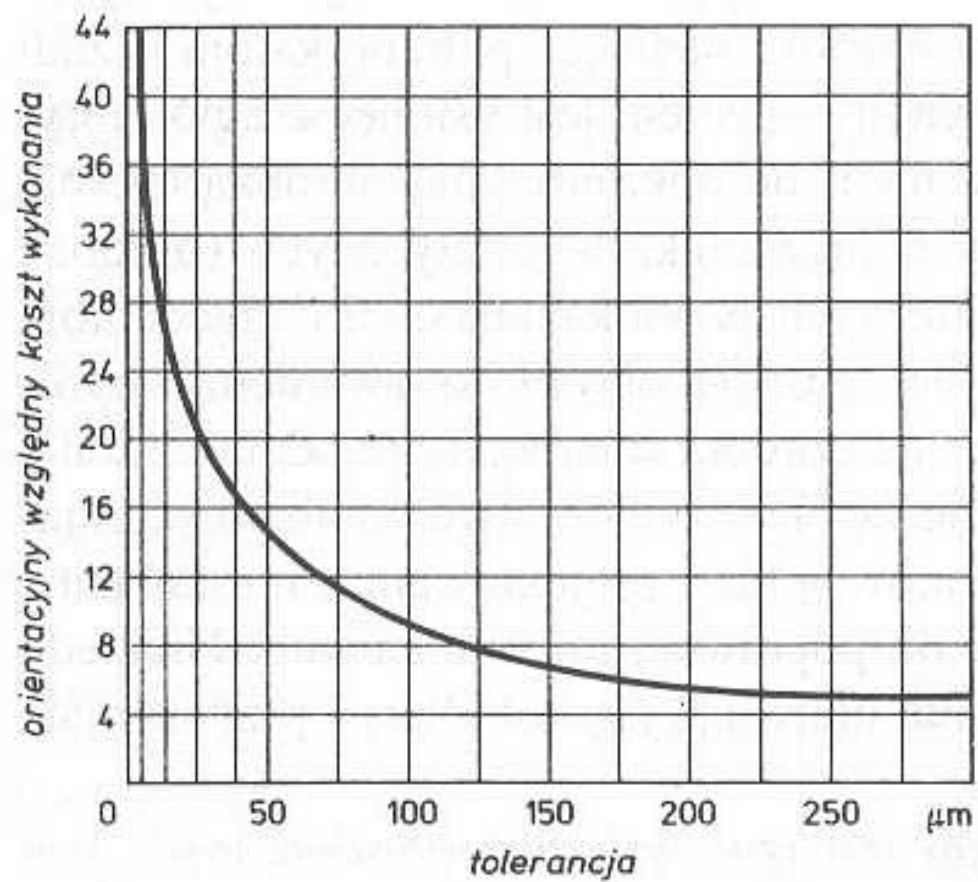


Rys. 2.9. Uproszczony wykaz stosowanych technik wytwarzania



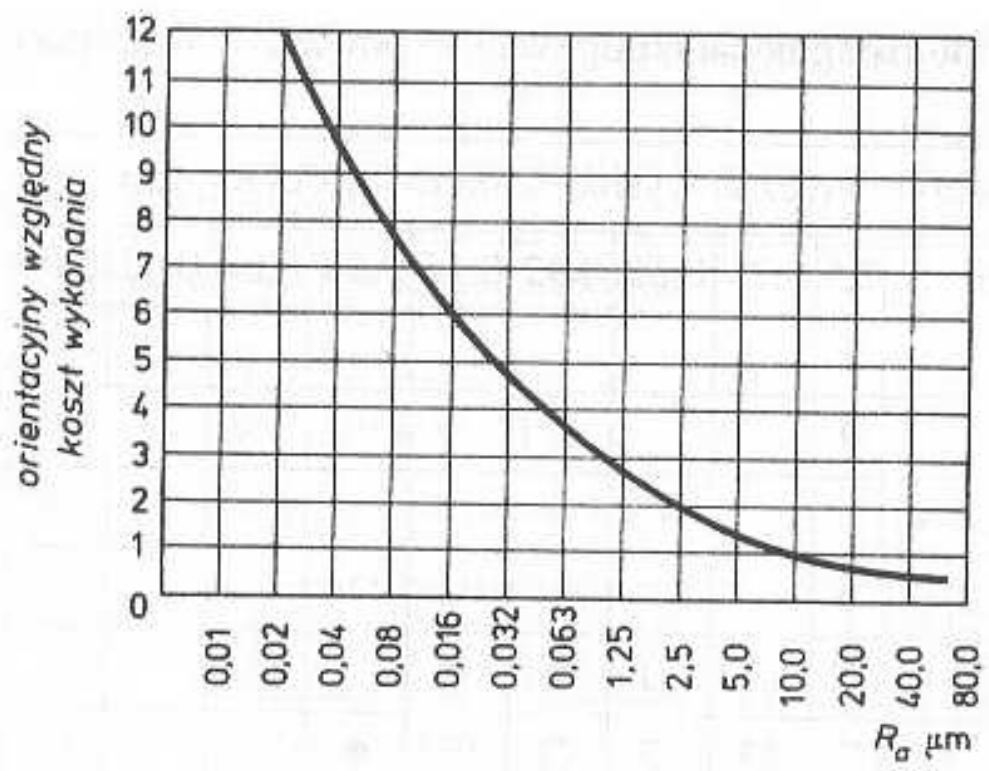
granice wytrzymałości materiałów przy naprężeniach statycznych:

- granica plastyczności R_e ,
- umowna granica plastyczności R_{e02} ,
- wytrzymałość doraźna R_m , granica proporcjonalności/Hooke'a/ R_H



RYS. 1.14.

Orientacyjny względny koszt wykonania jako funkcja tolerancji wymiaru



RYS. 1.15.
 Orientacyjny względny koszt wykonania jako funkcja średniej arytmetycznej wysokości nierówności powierzchni

2. Dokładność obróbki i montażu

2.1. Dokładność wykonania

1.4.1. Dokładności wymiarów liniowych

Wymiary liniowe są podstawowymi wielkościami charakteryzującymi element. Występują one na rysunku konstrukcyjnym każdego elementu. Na wstępie zdefiniujemy podstawowe pojęcia:

wymiar rzeczywisty – wymiar, który otrzymano by w wyniku bezbłędnego pomiaru,

wymiar nominalny D – wymiar, względem którego określa się odchyłki,

wymiar tolerowany – wymiar o ustalonych odchyłkach dolnej i górnej,

odchyłka – odstępstwo od wymiaru nominalnego,

wymiar graniczny dolny D_{\min} i górny D_{\max} – wymiar najmniejszy i największy, który nie powinien być przekroczony przez wymiar rzeczywisty części poprawnie wykonanej,

odchyłka dolna F – różnica między wymiarem granicznym dolnym a wymiarem nominalnym: $F = D_{\min} - D$,

2.2. Pasowania

Pasowaniem nazywa się skojarzenie tolerowanych wymiarów dwóch różnych części. Stosuje się je w celu uzyskania odpowiednich luzów (dodatnich lub ujemnych) w połączeniu obu elementów.

W zależności od położenia pól tolerancji względem wymiaru nominalnego pasowanie może być ruchowe, mieszane lub wtłaczane. Wszystkie trzy rodzaje pasowań zilustrowano na rys. 1.21 na przykładzie kojarzenia wałka z otworem. W *pasowaniu ruchowym* zarówno luz minimalny, jak i maksymalny są większe od zera; w *pasowaniu mieszanym* luz minimalny jest ujemny (wcisk), a maksymalny dodatni; przy *pasowaniu wtłaczanym* obydwie graniczne wartości luzu są ujemne, czyli zawsze występuje wcisk.

Tablica 3.4

Układ pasowań według zasady stałego otworu (PN-91 M-02105)

Nazwa pasowania	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
luźne	H5/g4 H5/h4	H6/f6 H6/g5 H6/h5	H7/c8 H7/d8 H7/e8 H7/f7 H7/g6 H7/h6	H8/c8 H8/d8 H8/d9 H8/e8 H8/e9 H8/f8 H8/f9 H8/h7 H8/h8 H8/h9	H9/d9 H9/e8 H9/e9 H9/f8 H9/f9 H9/h8 H9/h9	H10/d10 H10/h9 H10/h10	H11/a11 H11/b11 H11/c11 H11/d11 H11/h11	H12/b12 H12/h12
mieszane	H5/js4 H5/k4 H5/m4 H5/n4	H6/js5 H6/k5 H6/m5 H6/n5	H7/js6 H7/k6 H7/m6 H7/n6	H8/js7 H8/k7 H8/m7 H8/n7				
ciasne		H6/p5 H6/r5	H7/p6 H7/r6 H7/s6 H7/s7 H7/t6 H7/u6 H7/x6 H7/z6	H8/s7 H8/u8 H8/x8 H8/z8				

U w a g a : pismem półgrubym wyróżniono pasowania uprzywilejowane.

Table 3 Tolerance of Housing Bore

(2/3)

Unit: μm

Dimension (mm)		H8		H9		H10		H11		H13		J6		Js6		J7		Js7		K5	
Over	Incl.	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
3	6	+18	0	+30	0	+48	0	+75	0	+180	0	+5	-3	+4	-4	+6	-6	+6	-6	0	-5
6	10	+22	0	+36	0	+58	0	+90	0	+220	0	+6	-4	+4.5	-4.5	+8	-7	+7.5	-7.5	+1	-5
10	18	+27	0	+43	0	+70	0	+110	0	+270	0	+6	-5	+5.5	-5.5	+10	-8	+9	-9	+2	-6
18	30	+33	0	+52	0	+84	0	+130	0	+330	0	+8	-5	+6.5	-6.5	+12	-9	+10.5	-10.5	+1	-8
30	40	+39	0	+62	0	+100	0	+160	0	+390	0	+10	-6	+8	-8	+14	-11	+12.5	-12.5	+2	-9
40	50	+46	0	+74	0	+120	0	+190	0	+460	0	+13	-6	+9.5	-9.5	+18	-12	+15	-15	+3	-10
50	65	+46	0	+74	0	+120	0	+190	0	+460	0	+13	-6	+9.5	-9.5	+18	-12	+15	-15	+3	-10
65	80	+54	0	+87	0	+140	0	+220	0	+540	0	+16	-6	+11	-11	+22	-13	+17.5	-17.5	+2	-13
80	100	+54	0	+87	0	+140	0	+220	0	+540	0	+16	-6	+11	-11	+22	-13	+17.5	-17.5	+2	-13
100	120	+63	0	+100	0	+160	0	+250	0	+630	0	+18	-7	+12.5	-12.5	+26	-14	+20	-20	+3	-15
120	140	+63	0	+100	0	+160	0	+250	0	+630	0	+18	-7	+12.5	-12.5	+26	-14	+20	-20	+3	-15
140	160	+63	0	+100	0	+160	0	+250	0	+630	0	+18	-7	+12.5	-12.5	+26	-14	+20	-20	+3	-15
160	180	+72	0	+115	0	+185	0	+290	0	+720	0	+22	-7	+14.5	-14.5	+30	-16	+23	-23	+2	-18
180	200	+72	0	+115	0	+185	0	+290	0	+720	0	+22	-7	+14.5	-14.5	+30	-16	+23	-23	+2	-18
200	225	+72	0	+115	0	+185	0	+290	0	+720	0	+22	-7	+14.5	-14.5	+30	-16	+23	-23	+2	-18
225	250	+81	0	+130	0	+210	0	+320	0	+810	0	+25	-7	+16	-16	+36	-16	+26	-26	+3	-20
250	280	+81	0	+130	0	+210	0	+320	0	+810	0	+25	-7	+16	-16	+36	-16	+26	-26	+3	-20
280	315	+81	0	+130	0	+210	0	+320	0	+810	0	+25	-7	+16	-16	+36	-16	+26	-26	+3	-20
315	355	+89	0	+140	0	+230	0	+360	0	+890	0	+29	-7	+18	-18	+39	-18	+28.5	-28.5	+3	-22
355	400	+89	0	+140	0	+230	0	+360	0	+890	0	+29	-7	+18	-18	+39	-18	+28.5	-28.5	+3	-22
400	450	+97	0	+155	0	+250	0	+400	0	+970	0	+33	-7	+20	-20	+43	-20	+31.5	-31.5	+2	-25
450	500	+97	0	+155	0	+250	0	+400	0	+970	0	+33	-7	+20	-20	+43	-20	+31.5	-31.5	+2	-25
500	560	+110	0	+175	0	+280	0	+440	0	-	-	+22	-22	-	-	+35	-35	-	-	-	-
560	630	+110	0	+175	0	+280	0	+440	0	-	-	+22	-22	-	-	+35	-35	-	-	-	-
630	710	+125	0	+200	0	+320	0	+500	0	-	-	+25	-25	-	-	+40	-40	-	-	-	-
710	800	+125	0	+200	0	+320	0	+500	0	-	-	+25	-25	-	-	+40	-40	-	-	-	-
800	900	+140	0	+230	0	+360	0	+560	0	-	-	+28	-28	-	-	+45	-45	-	-	-	-
900	1000	+140	0	+230	0	+360	0	+560	0	-	-	+28	-28	-	-	+45	-45	-	-	-	-
1000	1120	+165	0	+260	0	+420	0	+660	0	-	-	+33	-33	-	-	+52.5	-52.5	-	-	-	-
1120	1250	+165	0	+260	0	+420	0	+660	0	-	-	+33	-33	-	-	+52.5	-52.5	-	-	-	-
1250	1400	+195	0	+310	0	+500	0	+780	0	-	-	+39	-39	-	-	+62.5	-62.5	-	-	-	-
1400	1600	+195	0	+310	0	+500	0	+780	0	-	-	+39	-39	-	-	+62.5	-62.5	-	-	-	-
1600	1800	+230	0	+370	0	+600	0	+920	0	-	-	+46	-46	-	-	+75	-75	-	-	-	-
1800	2000	+230	0	+370	0	+600	0	+920	0	-	-	+46	-46	-	-	+75	-75	-	-	-	-

Table 2 Tolerance of Shaft

(4/4)

Dimension (mm)		h4		h5		h6		h7		k4		k5		k6		p6		r6		r7	
Over	Incl.	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
3	6	0	-4	0	-5	0	-8	0	-12	+5	+1	+6	+1	+9	+1	+20	+12	+23	+15	+27	+15
6	10	0	-4	0	-6	0	-9	0	-15	+5	+1	+7	+1	+10	+1	+24	+15	+28	+19	+34	+19
10	18	0	-5	0	-8	0	-11	0	-18	+6	+1	+9	+1	+12	+1	+29	+18	+34	+23	+41	+23
18	30	0	-6	0	-9	0	-13	0	-21	+8	+2	+11	+2	+15	+2	+35	+22	+41	+28	+49	+28
30	40	0	-7	0	-11	0	-16	0	-25	+9	+2	+13	+2	+18	+2	+42	+26	+50	+34	+59	+34
40	50	0	-7	0	-11	0	-16	0	-25	+9	+2	+13	+2	+18	+2	+42	+26	+50	+34	+59	+34
50	65	0	-8	0	-13	0	-19	0	-30	+10	+2	+15	+2	+21	+2	+51	+32	+60	+41	+71	+41
65	80	0	-8	0	-13	0	-19	0	-30	+10	+2	+15	+2	+21	+2	+51	+32	+62	+43	+73	+43
80	100	0	-10	0	-15	0	-22	0	-35	+13	+3	+18	+3	+25	+3	+59	+37	+73	+51	+86	+51
100	120	0	-10	0	-15	0	-22	0	-35	+13	+3	+18	+3	+25	+3	+59	+37	+76	+54	+89	+54
120	140	0	-12	0	-18	0	-25	0	-40	+15	+3	+21	+3	+28	+3	+68	+43	+88	+63	+103	+63
140	160	0	-12	0	-18	0	-25	0	-40	+15	+3	+21	+3	+28	+3	+68	+43	+90	+65	+105	+65
160	180	0	-12	0	-18	0	-25	0	-40	+15	+3	+21	+3	+28	+3	+68	+43	+93	+68	+108	+68
180	200	0	-14	0	-20	0	-29	0	-46	+18	+4	+24	+4	+33	+4	+79	+50	+106	+77	+123	+77
200	225	0	-14	0	-20	0	-29	0	-46	+18	+4	+24	+4	+33	+4	+79	+50	+109	+80	+126	+80
225	250	0	-14	0	-20	0	-29	0	-46	+18	+4	+24	+4	+33	+4	+79	+50	+113	+84	+130	+84
250	280	0	-16	0	-23	0	-32	0	-52	+20	+4	+27	+4	+36	+4	+88	+56	+126	+94	+146	+94
280	315	0	-16	0	-23	0	-32	0	-52	+20	+4	+27	+4	+36	+4	+88	+56	+130	+98	+150	+98
315	355	0	-18	0	-25	0	-36	0	-57	+22	+4	+29	+4	+40	+4	+98	+62	+144	+108	+165	+108
355	400	0	-18	0	-25	0	-36	0	-57	+22	+4	+29	+4	+40	+4	+98	+62	+150	+114	+171	+114
400	450	0	-20	0	-27	0	-40	0	-63	+25	+5	+32	+5	+45	+5	+108	+68	+166	+126	+189	+126
450	500	0	-20	0	-27	0	-40	0	-63	+25	+5	+32	+5	+45	+5	+108	+68	+172	+132	+195	+132
500	560	-	-	-	-	0	-44	0	-70	-	-	-	-	+44	0	+122	+78	+194	+150	+220	+150
560	630	-	-	-	-	0	-44	0	-70	-	-	-	-	+44	0	+122	+78	+199	+155	+225	+155
630	710	-	-	-	-	0	-50	0	-80	-	-	-	-	+50	0	+138	+88	+225	+175	+255	+175
710	800	-	-	-	-	0	-50	0	-80	-	-	-	-	+50	0	+138	+88	+235	+185	+265	+185
800	900	-	-	-	-	0	-56	0	-90	-	-	-	-	+56	0	+156	+100	+266	+210	+300	+210
900	1000	-	-	-	-	0	-56	0	-90	-	-	-	-	+56	0	+156	+100	+276	+220	+310	+220
1000	1120	-	-	-	-	0	-66	0	-105	-	-	-	-	+66	0	+186	+120	+316	+250	+355	+250
1120	1250	-	-	-	-	0	-66	0	-105	-	-	-	-	+66	0	+186	+120	+326	+260	+365	+260
1250	1400	-	-	-	-	0	-78	0	-125	-	-	-	-	+78	0	+218	+140	+378	+300	+425	+300
1400	1600	-	-	-	-	0	-78	0	-125	-	-	-	-	+78	0	+218	+140	+408	+330	+455	+330

2.3. Chropowość

Technicznie otrzymywane powierzchnie charakteryzują się licznymi wgłębieniami i wypukłościami. W powiększeniu przekrój powierzchni wygląda tak, jak na rys. 1.23. Linia średnia ma kierunek zgodny z ogólnym kierunkiem profilu na odcinku pomiarowym L i dzieli profil w taki sposób, aby $\sum_{i=1}^n y_i^2 = \min$.

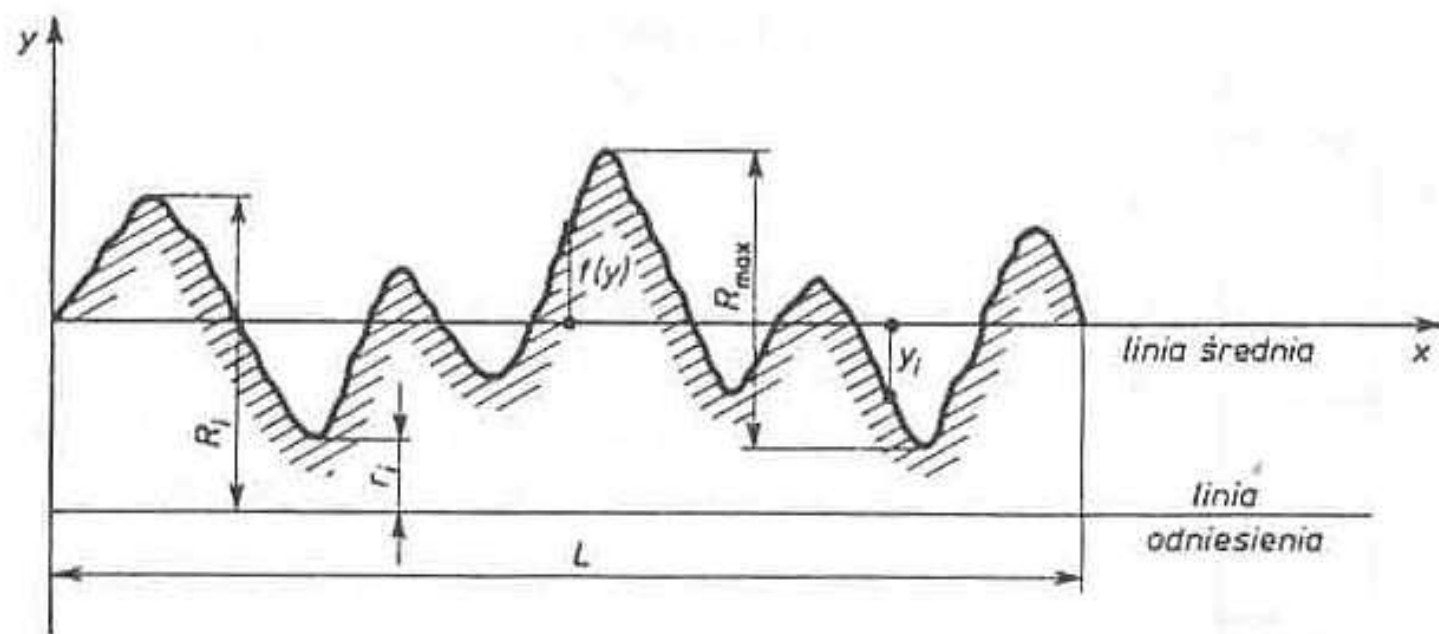
Geometrię powierzchni charakteryzuje się trzema parametrami:

– *średnią arytmetyczną odchylenia profilu*

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |f(y)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

– *wysokością nierówności*

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 R_i - \sum_{i=1}^5 r_i \right)$$



RYS. 1.23. Przekrój powierzchni chropowatej

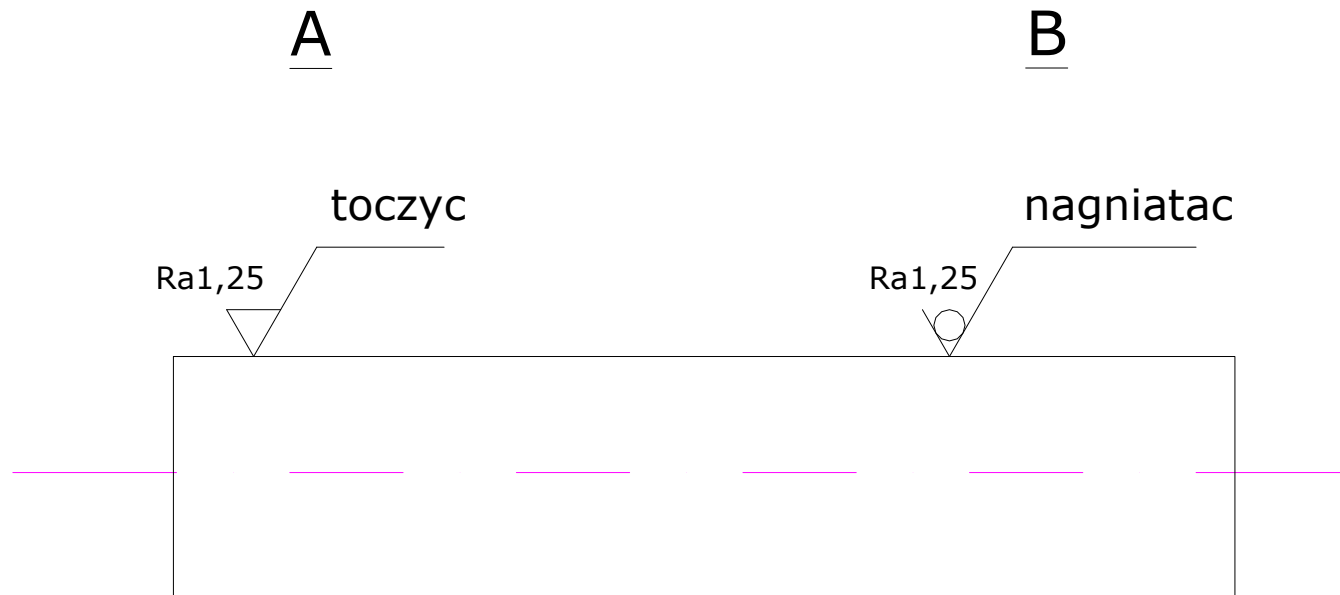
gdzie: R_i – odległość od dowolnej linii odniesienia pięciu najwyższych położonych wierzchołków, r_i – odległość od linii odniesienia pięciu najniższych położonych punktów wgłębień,

– największą wysokością nierówności R_{max} określoną jako odległość między szczytem największej wypukłości a dnem najgłębszego wrębu.

Znaki chropowatości (podstawowe):

A - obróbka z usunięciem warstwy materiału poprzez skrawanie (toczenie) do gładkości średniej $Ra=1,25$ mikrometra

B - obróbka bez usunięcia warstwy materiału poprzez obróbkę plastyczną (nagniatanie) do gładkości średniej $Ra=1,25$ mikrometra



Rodzaj obróbki		Średnia arytmetyczna wysokość nierówności R_a , μm													
		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01
Cięcie palnikiem		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												
Piłowanie maszynowe				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
Wiercenie wiertłem spiralnym		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>									
Pogłębianie		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
Rozwiercanie						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
Skrobanie						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Toczenie	czoła		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
	zewnątrzne		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	wewnętrzne		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
	bardzo dokładne		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
Frezowanie	obwodem frezu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
	czołem frezu lub głowicą		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>					
Struganie i dłutowanie		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						

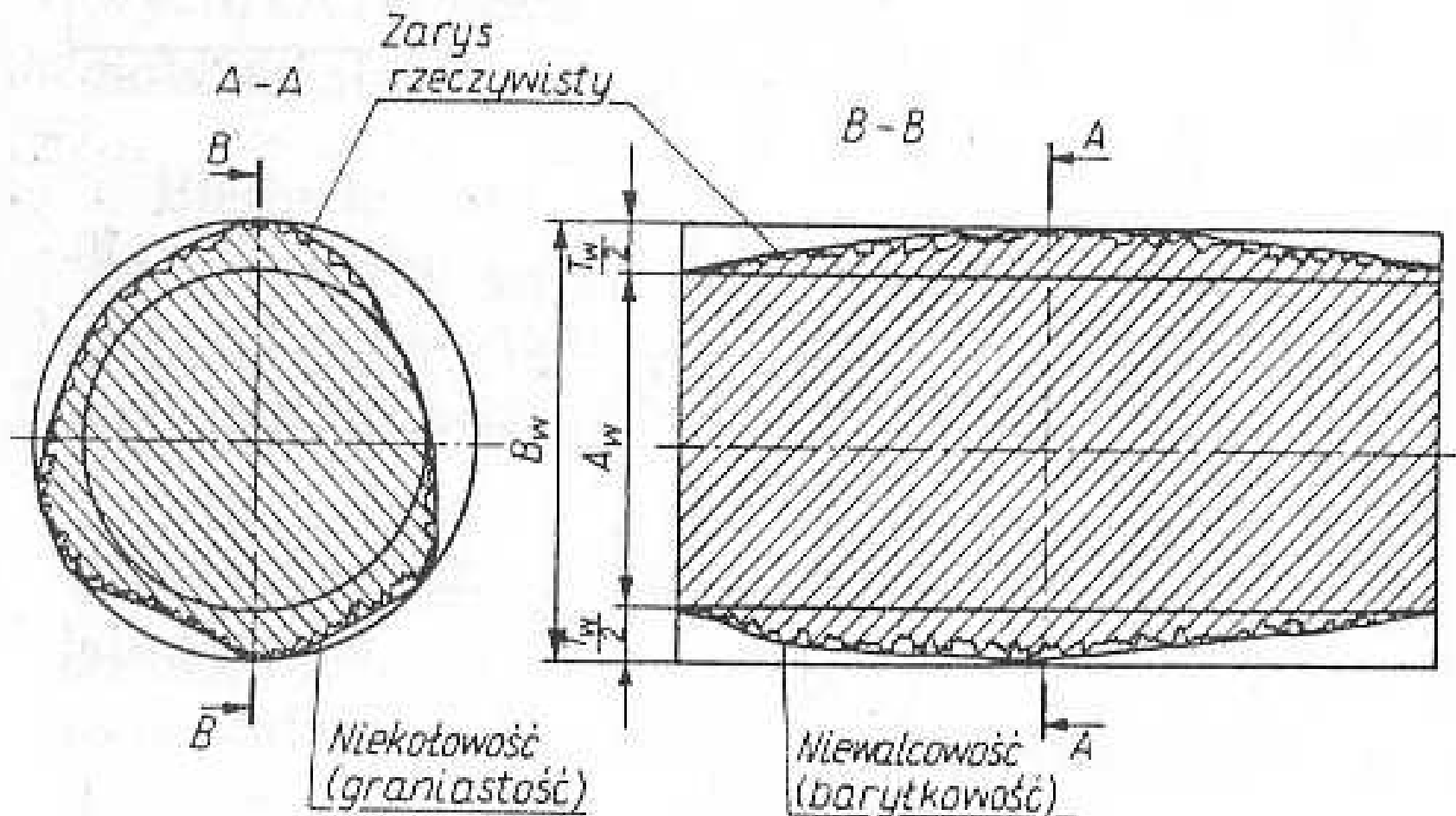
Rodzaj obróbki		Średnia arytmetyczna wysokość nierówności R_a , μm													
		80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01
Przeciąganie	zewewnętrzne			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●				
	wewnętrzne			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●				
Gwintowanie	ręczne				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●							
	maszynowe					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●					
	na szlifierkach						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●				
Frezowanie zębów kół zębatach						<input type="checkbox"/>	●	●							
Dłutowanie zębów kół zębatach						<input type="checkbox"/>	●								
Wiórkowanie zębów kół zębatach								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●				
Szlifowanie powierzchni	wewnętrznych				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●				
	zewewnętrznych					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●			
	czołowych						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●			
Polerowanie mechaniczne									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●		
Obciążanie										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●	●	
Docieranie												<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●
Bardzo dokładne honowanie i dogładzanie												<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	●

— chropowatość osiągnięta w warunkach przeciętnych.


● — chropowatość możliwa do osiągnięcia.

Zastosowanie	Używana wartość R_a , μm													
	0,01	0,02	0,04	0,08	0,16	0,32	0,63	1,25	2,5	5	10	20	40	80
Powierzchnie robocze gniazda zaworu				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Powierzchnie robocze grzybka zaworu			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
Powierzchnie robocze mechanizmów krzywkowych				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Boki zębów kół zębatach			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Zęby ślimaków				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Zęby ślimacznice					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
Połączenia wpustowe	rowki							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	wpusty						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Powierzchnie osiujące połączeń wielowypustowych	otwór		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
	wał				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
Tarcze hamulców i sprzęgieł					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
Bębny hamulców i sprzęgieł			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
Gwinty	zewewnętrzne					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
	wewnętrzne						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Powierzchnie oporowe nakrętek										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

2.4. Błędy kształtu i położenia



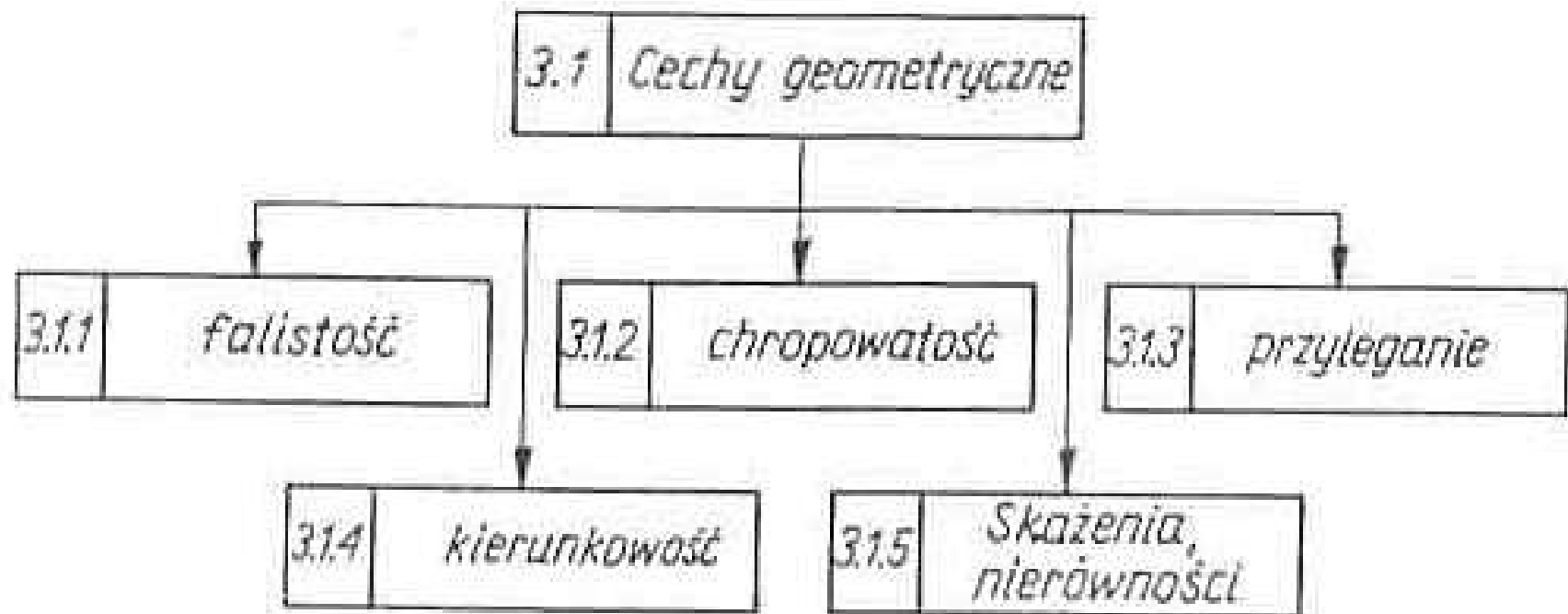
Rys. 3.23. Związki między tolerancją wymiaru a tolerancjami kształtu

Grupa tolerancji	Rodzaj tolerancji	Znak
Tolerancje kształtu	tolerancja prostoliniowości	
	tolerancja płaskości	
	tolerancja okrągłości	
	tolerancja walcowości	
	tolerancja zarysu przekroju wzdłużnego	
Tolerancje położenia	tolerancja równoległości	
	tolerancja prostokątności	
	tolerancja nachylenia	
	tolerancja współosiowości	
	tolerancja symetrii	
	tolerancja pozycji	
	tolerancja przecinania się osi	
Tolerancje złożone kształtu i położenia	tolerancja bicia promieniowego tolerancja bicia osiowego tolerancja bicia w wyznaczonym kierunku	
	tolerancja bicia promieniowego całkowitego tolerancja bicia osiowego całkowitego	
	tolerancja kształtu wyznaczonego zarysu	
	tolerancja kształtu wyznaczonej powierzchni	

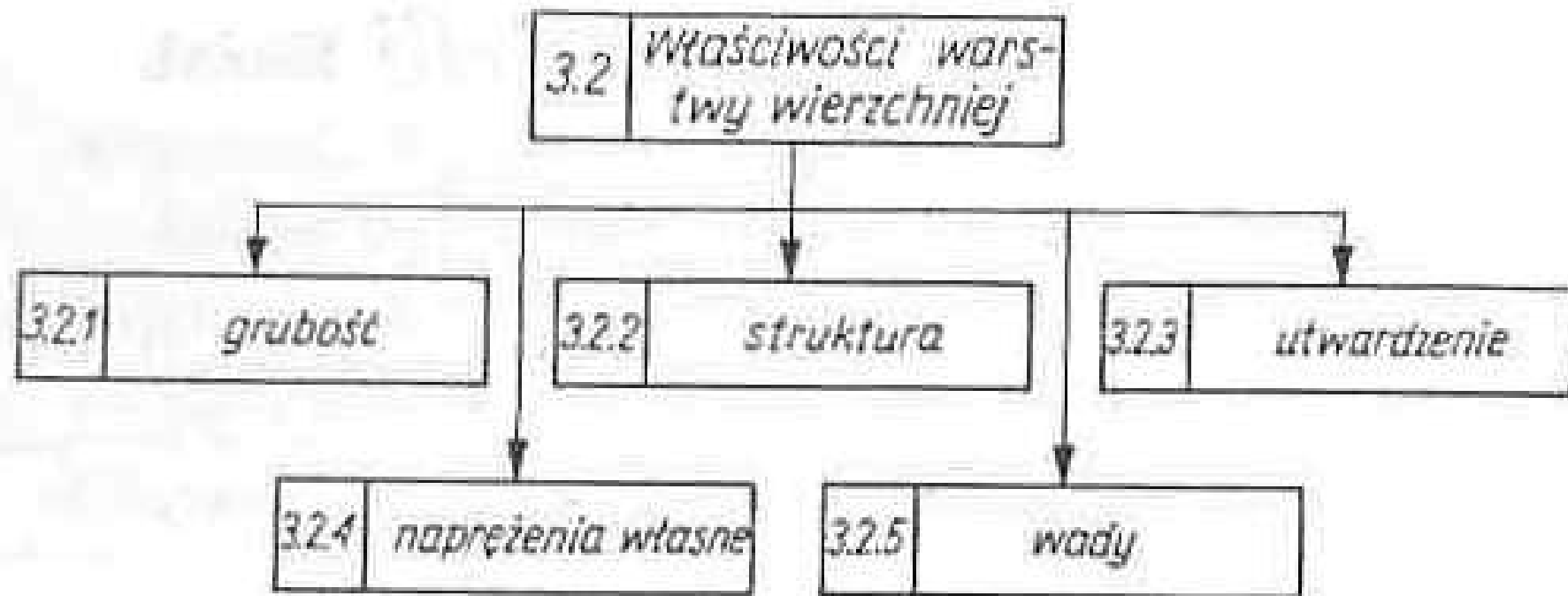
Oznaczenie dokładności kształtu i położenia

Nazwa	Znak	Przykłady oznaczeń
Prostoliniowość	—	
Płaskość		
Okrągłość	○	
Walcowość		
Równoległość	//	
Prostopadłość	⊥	
Nachylenie		
Współosiowość	◎	
Symetria	≡	
Pozycja	⊕	
Przecinanie się osi	×	
Bicie promieniowe		
Bicie poprzeczne		

Elementy odniesienia zaznacza się zaczerzniętym trójkątem o podstawie przylegającej do konturu elementu odniesienia.



Rys. 3.12. Jakość części maszynowej. Jakość powierzchni — cechy geometryczne



Rys. 3.14. Jakość części maszynowej. Jakość powierzchni — właściwości warstwy wierzchniej