



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1806A -

ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Tosti Michela

MATERIA: Sistemi di produzione (appunti + esercizi) - Prof.
Mastrogiacomo

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

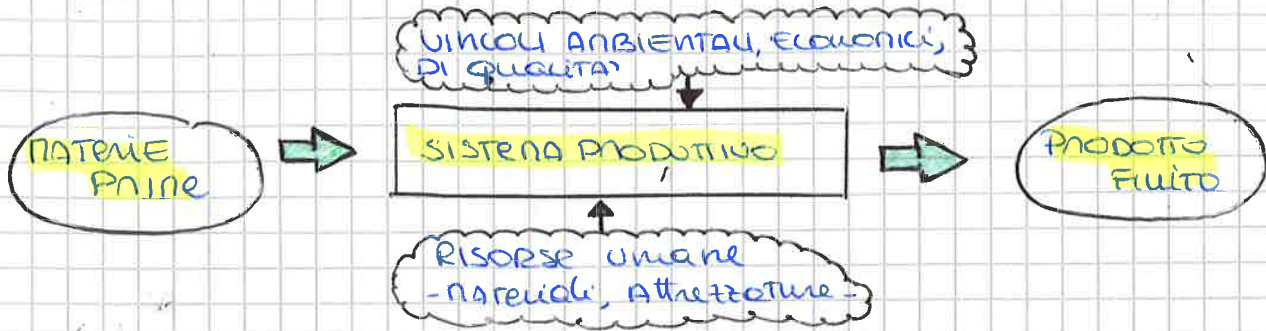
**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

da produzione

Blocco A 3/3/1015 Lezione 1

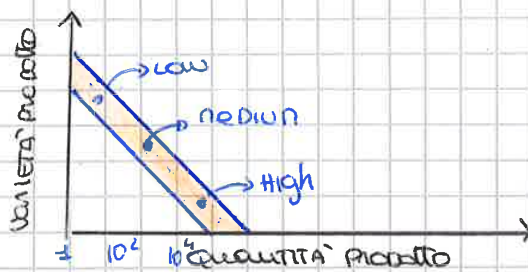
⇒ Il processo produttivo industriale è l'insieme delle attività tecnologiche e organizzative necessarie per trasformare i materiali in prodotti o beni economici.

CICLO DI PRODUZIONE

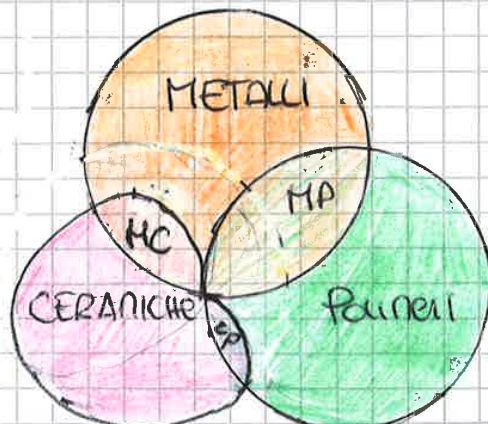


da produzione:

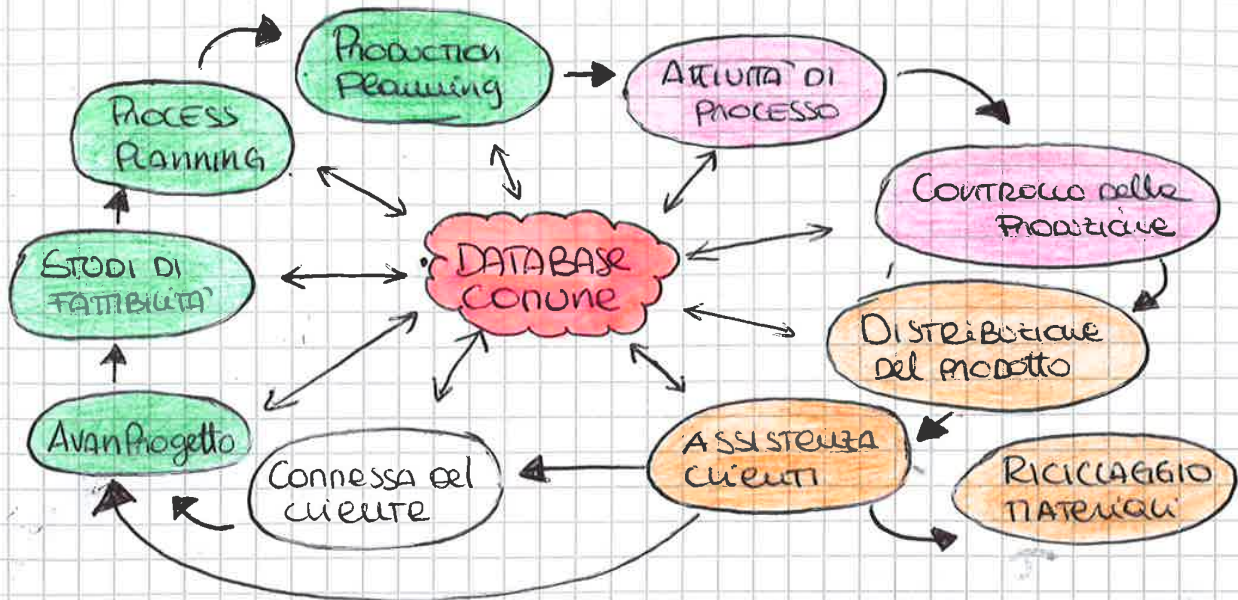
- **su commessa** - produzione di beni richiesti specificatamente dal cliente.
- **A magazzino** - produzione di beni sulla base di analisi di mercato o previsioni di vendita.
- **Continua** - produzione di grandi quantità di 1 prodotto con limitate variazioni nei modelli.
- **Per lotti** - il prodotto viene fabbricato in quantità variabili, alternativamente ad altri, su impianti e macchine più flessibili.
- **Unitaria** - piccole quantità di prodotti molto specializzati.



MATERIALI



Ciclo di Vita di Un Prodotto



- Progettazione
- Produzione
- Post-produzione

La Fabbrica automatica

L'automazione

- Integra diverse operazioni produttive per migliorare qualità e uniformità della produzione
- Agevola controllo e programmazione della produzione
- Riduce la possibilità di errori umani
- // l'eventualità di infortuni
- Permette disposizione più efficiente degli impianti

RIGIDA ← adatto per grandi volumi di produzione
 macchine a trasferta
 elevati investimenti negli impianti

FLESSIBILE (programmabile) ← E' POSSIBILE modificare il programma delle macchine per ottenere prodotti diversi
 E' USATA per produrre anche geometrie complesse

IL C.I.M

- obiettivo finale per completare il processo di automazione della fabbrica
- integrazione tramite PC di tutti gli aspetti connessi alla produzione

VANTAGGI: ① Gestione prodotti con breve ciclo di vita ② ADATTABILITA' a variazioni nella domanda ③ migliore qualità prodotto ④ Ottimizzazione impiego materie e risparmio con riduzione del costo di produzione

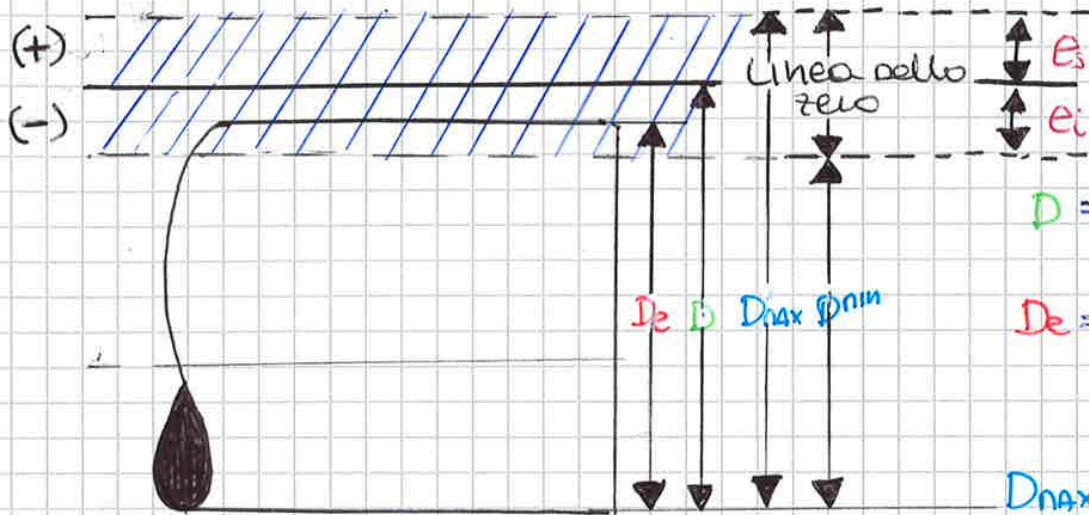
da quotatura

QUOTATURA DI DEFINIZIONE
 { quote Funzionali
 { quote Ausiliarie

QUOTATURA DI FABBRICAZIONE
 { sui disegni del progetto
 { sui disegni di lavorazione

Tolleranze Dimensionali

ALBERO → esiste anche FORO



D = Dimensione Normale
 D_e = Dimensione Effettiva
 ↳ ovvero risultata a prodotto terminato
 D_{max} = Dimensione MAX Accettabile
 D_{min} = Dimensione MIN Accettabile

e_s = Sostanzamento superiore

e_i = Sostanzamento inferiore

Accoppiamenti

con gioco dimensione MAX albero < della dimensione MIN del FORO

con interferenza dimension minima albero > dimension MAX del FORO

incerto

► Il sistema ISO prevede 19 qualità di tolleranze fondamentali (per dimensioni da 1 a 500 mm): IT 01, IT 0, IT 1 ... IT 17

Qualità di tolleranza	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Tolleranza IT	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i

Nota: a partire dalla qualità 6 i valori delle tolleranze fondamentali sono moltiplicati per 10 ogni volta che si passa da una qualità a quella di 5 gradi superiore.

Tab. 2-3 Valori delle tolleranze fondamentali. (μm).

Dimensioni (mm)	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17
> 1 - 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	-
> 3 - 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	-
> 6 - 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
> 10 - 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
> 18 - 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	20	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
> 30 - 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
> 50 - 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
> 80 - 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
> 120 - 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
> 180 - 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
> 250 - 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
> 315 - 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
> 400 - 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300

TOLLERANZE
FONDAMENTALI

Dimensioni (mm)	Valori in μm					Valori in mm					
	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
> 500 - 630	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4
> 630 - 800	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2,0	3,2	5,0
> 800 - 1000	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6
> 1000 - 1250	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6
> 1250 - 1600	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5,0	7,8
> 1600 - 2000	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6,0	9,2
> 2000 - 2500	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0
> 2500 - 3150	135	210	330	640	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5

Scostam. fondam.	e_s					j_s	e_r								
	Posizione						Qualità	Tutte le qualità							
	d	e	f	g	h			k	m	n	p	r	s	t	u
Dimensioni (mm)	> 500 - 560	-260	-145	-76	-22	0	0	+26	+44	+78	+150	+280	+400	+600	
	> 560 - 630	-260	-145	-76	-22	0	0	+26	+44	+78	+155	+310	+450	+660	
	> 630 - 710	-290	-160	-80	-24	0	0	+30	+60	+88	+175	+340	+500	+740	
	> 710 - 800	-290	-160	-80	-24	0	0	+30	+60	+88	+185	+380	+560	+840	
	> 800 - 900	-320	-170	-86	-26	0	0	+34	+56	+100	+210	+430	+620	+940	
	> 900 - 1000	-320	-170	-86	-26	0	0	+34	+56	+100	+220	+470	+680	+1050	
	> 1000 - 1120	-350	-195	-98	-28	0	0	+40	+66	+120	+250	+520	+780	+1150	
	> 1120 - 1250	-350	-195	-98	-28	0	0	+40	+66	+120	+260	+580	+840	+1300	
	> 1250 - 1400	-390	-220	-110	-30	0	0	+48	+78	+140	+300	+640	+960	+1450	
	> 1400 - 1600	-390	-220	-110	-30	0	0	+48	+78	+140	+330	+720	+1050	+1600	
	> 1600 - 1800	-430	-240	-120	-32	0	0	+58	+92	+170	+370	+820	+1200	+1650	
	> 1800 - 2000	-430	-240	-120	-32	0	0	+58	+92	+170	+400	+920	+1350	+2000	
> 2000 - 2240	-480	-260	-130	-34	0	0	+68	+110	+195	+440	+1000	+1500	+2300		
> 2240 - 2500	-480	-260	-130	-34	0	0	+68	+110	+195	+460	+1100	+1650	+2500		
> 2500 - 2800	-520	-290	-145	-38	0	0	+76	+135	+240	+550	+1250	+1900	+2900		
> 2800 - 3150	-520	-290	-145	-38	0	0	+76	+135	+240	+580	+1400	+2100	+3200		

SCOSTAMENTI FONDAMENTALI

ALBERI

Scostam. fondam.	E_s					J_s	E_r							
	Posizione						Qualità	Tutte le qualità						
	D	E	F	G	H			K	M	N	P	R	S	T
Dimensioni (mm)	> 500 - 560	+260	+145	+76	+22	0	0	-26	-44	-76	-150	-280	-400	-600
	> 560 - 630	+260	+145	+76	+22	0	0	-26	-44	-76	-155	-310	-450	-660
	> 630 - 710	+290	+160	+80	+24	0	0	-30	-60	-88	-175	-340	-500	-740
	> 710 - 800	+290	+160	+80	+24	0	0	-30	-60	-88	-185	-380	-560	-840
	> 800 - 900	+320	+170	+86	+26	0	0	-34	-56	-100	-210	-430	-620	-940
	> 900 - 1000	+320	+170	+86	+26	0	0	-34	-56	-100	-220	-470	-680	-1050
	> 1000 - 1120	+350	+195	+98	+28	0	0	-40	-66	-120	-250	-520	-780	-1150
	> 1120 - 1250	+350	+195	+98	+28	0	0	-40	-66	-120	-260	-580	-840	-1300
	> 1250 - 1400	+390	+220	+110	+30	0	0	-48	-78	-140	-300	-640	-960	-1450
	> 1400 - 1600	+390	+220	+110	+30	0	0	-48	-78	-140	-330	-720	-1050	-1600
	> 1600 - 1800	+430	+240	+120	+32	0	0	-58	-92	-170	-370	-820	-1200	-1850
	> 1800 - 2000	+430	+240	+120	+32	0	0	-58	-92	-170	-400	-920	-1350	-2000
> 2000 - 2240	+480	+260	+130	+34	0	0	-68	-110	-195	-440	-1000	-1500	-2300	
> 2240 - 2500	+480	+260	+130	+34	0	0	-68	-110	-195	-460	-1100	-1650	-2500	
> 2500 - 2800	+520	+290	+145	+38	0	0	-76	-135	-240	-550	-1250	-1900	-2900	
> 2800 - 3150	+520	+290	+145	+38	0	0	-76	-135	-240	-580	-1400	-2100	-3200	

FORI

Scostamenti fondamentali (alberi)

DIMENSIONE NOMINALE mm	SCOSTAMENTI SUPERIORI (a)										SCOSTAMENTI INFERIORI (b)																												
	h1	h2	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t																			
3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
10	-280	-150	-80	-56	-40	-28	-18	-13	-8	-5	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
16	-290	-160	-95	-71	-52	-36	-24	-16	-11	-7	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
18	-300	-160	-110	-86	-64	-44	-30	-20	-13	-8	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
24	-310	-170	-130	-101	-76	-54	-36	-24	-15	-10	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
30	-320	-180	-150	-111	-84	-60	-40	-28	-16	-11	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
40	-340	-190	-170	-121	-94	-68	-46	-32	-18	-12	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
50	-360	-200	-190	-131	-104	-76	-52	-36	-20	-13	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
60	-380	-210	-210	-141	-114	-84	-58	-40	-24	-15	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
80	-400	-220	-230	-151	-124	-94	-64	-44	-28	-16	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
100	-420	-230	-250	-161	-134	-104	-74	-52	-32	-18	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
120	-440	-240	-270	-171	-144	-114	-84	-60	-40	-20	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
140	-460	-250	-290	-181	-154	-124	-94	-68	-48	-24	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
160	-480	-260	-310	-191	-164	-134	-104	-78	-56	-32	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
180	-500	-270	-330	-201	-174	-144	-114	-88	-64	-40	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
200	-520	-280	-350	-211	-184	-154	-124	-98	-72	-48	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
220	-540	-290	-370	-221	-194	-164	-134	-108	-80	-56	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
250	-560	-300	-390	-231	-204	-174	-144	-118	-88	-64	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
280	-580	-310	-410	-241	-214	-184	-154	-128	-96	-72	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
300	-600	-320	-430	-251	-224	-194	-164	-138	-104	-80	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
350	-650	-340	-470	-271	-244	-214	-184	-158	-124	-96	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
400	-700	-360	-510	-291	-264	-234	-204	-174	-144	-112	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
450	-750	-380	-550	-311	-284	-254	-224	-194	-164	-122	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
500	-800	-400	-590	-331	-304	-274	-244	-214	-184	-132	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
550	-850	-420	-630	-351	-324	-294	-264	-234	-204	-142	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
600	-900	-440	-670	-371	-344	-314	-284	-254	-224	-152	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
650	-950	-460	-710	-391	-364	-334	-304	-274	-244	-162	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
700	-1000	-480	-750	-411	-384	-354	-324	-294	-264	-172	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
750	-1050	-500	-790	-431	-404	-374	-344	-314	-284	-182	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
800	-1100	-520	-830	-451	-424	-394	-364	-334	-304	-192	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
850	-1150	-540	-870	-471	-444	-414	-384	-354	-324	-202	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
900	-1200	-560	-910	-491	-464	-434	-404	-374	-344	-212	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
950	-1250	-580	-950	-511	-484	-454	-424	-394	-364	-222	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1000	-1300	-600	-990	-531	-504	-474	-444	-414	-384	-232	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1050	-1350	-620	-1030	-551	-524	-494	-464	-434	-404	-242	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1100	-1400	-640	-1070	-571	-544	-514	-484	-454	-424	-252	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1150	-1450	-660	-1110	-591	-564	-534	-504	-474	-444	-262	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1200	-1500	-680	-1150	-611	-584	-554	-524	-494	-464	-272	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1250	-1550	-700	-1190	-631	-604	-574	-544	-514	-484	-282	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1300	-1600	-720	-1230	-651	-624	-594	-564	-534	-504	-292	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1400	-1650	-740	-1270	-671	-644	-614	-584	-554	-524	-302	0	-2	-1	0	0	0	0	0	0	18	+2	+4	+6	+10	+14	+18	+22	+26	+30	+34	+38	+42	+46	+50	+54	+58	+62	+66	+70
1450	-1700	-760</																																					

Coefficients di dilatazione termica lineare

Materiali	Intervallo di temperatura (°C)	Coefficiente β (°C ⁻¹)	Materiali	Intervallo di temperatura (°C)	Coefficiente β (°C ⁻¹)
Acciaio (C% = 0,05 + 0,85)	-200° + 0°	9 · 10 ⁻⁶	Bronzo di Alluminio	20° + 100°	15 · 10 ⁻⁶
	0° + 100°	12 · 10 ⁻⁶	Ghisa	-200° + 20°	9 · 10 ⁻⁶
	100° + 400°	13 · 10 ⁻⁶		20° + 100°	10 · 10 ⁻⁶
	400° + 500°	14 · 10 ⁻⁶	Nichel	-200° + 0°	10 · 10 ⁻⁶
	500° + 700°	17 · 10 ⁻⁶		0° + 100°	13 · 10 ⁻⁶
Acciaio Austenitico	0° + 100°	18 · 10 ⁻⁶	100° + 1000°	16 · 10 ⁻⁶	
Acciai legati	0° + 100°	13 · 10 ⁻⁶	Ottone	-200° + 20°	17 · 10 ⁻⁶
	100° + 1000°	20 · 10 ⁻⁶		20° + 100°	19 · 10 ⁻⁶
Alluminio	-250° + 200°	3 · 10 ⁻⁵		Rame	-250° + -200°
	-200° + 180°	8 · 10 ⁻⁶	-200° + 20°		13 · 10 ⁻⁶
	-180° + 20°	18 · 10 ⁻⁶	20° + 300°		17 · 10 ⁻⁶
	-80° + 0°	22 · 10 ⁻⁶	400° + 1000°		19 · 10 ⁻⁶
	0° + 100°	24 · 10 ⁻⁶	Tungsteno	-200° + 100°	4
0° + 300°	25 · 10 ⁻⁶	100° + 1000°		5	
Bronzo	-200° + 20°	15 · 10 ⁻⁶	Ghisa	-200° + 20°	22
	20° + 100°	18 · 10 ⁻⁶		20° + 100°	27

Esercizio

Albero 25F8
 Foro 25H8

t = 33 ⇒ lo vedo nella tabella

Determinare con E' l'accoppiamento:

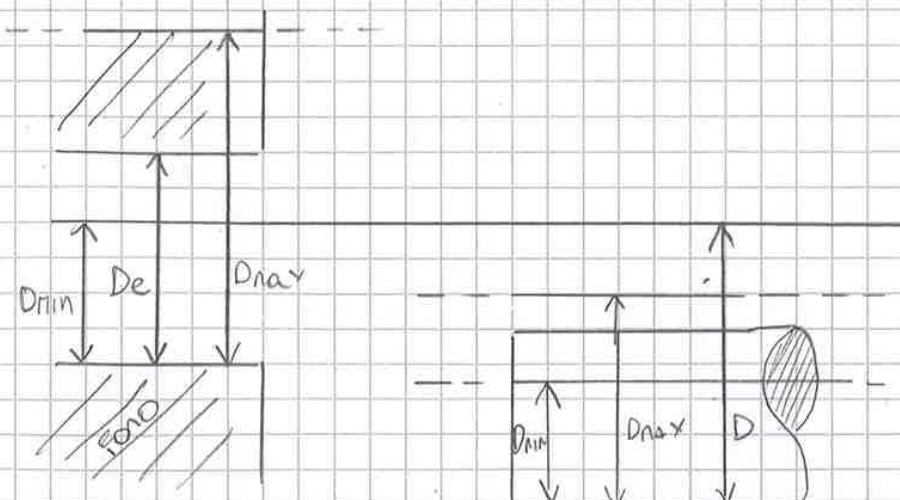
Albero

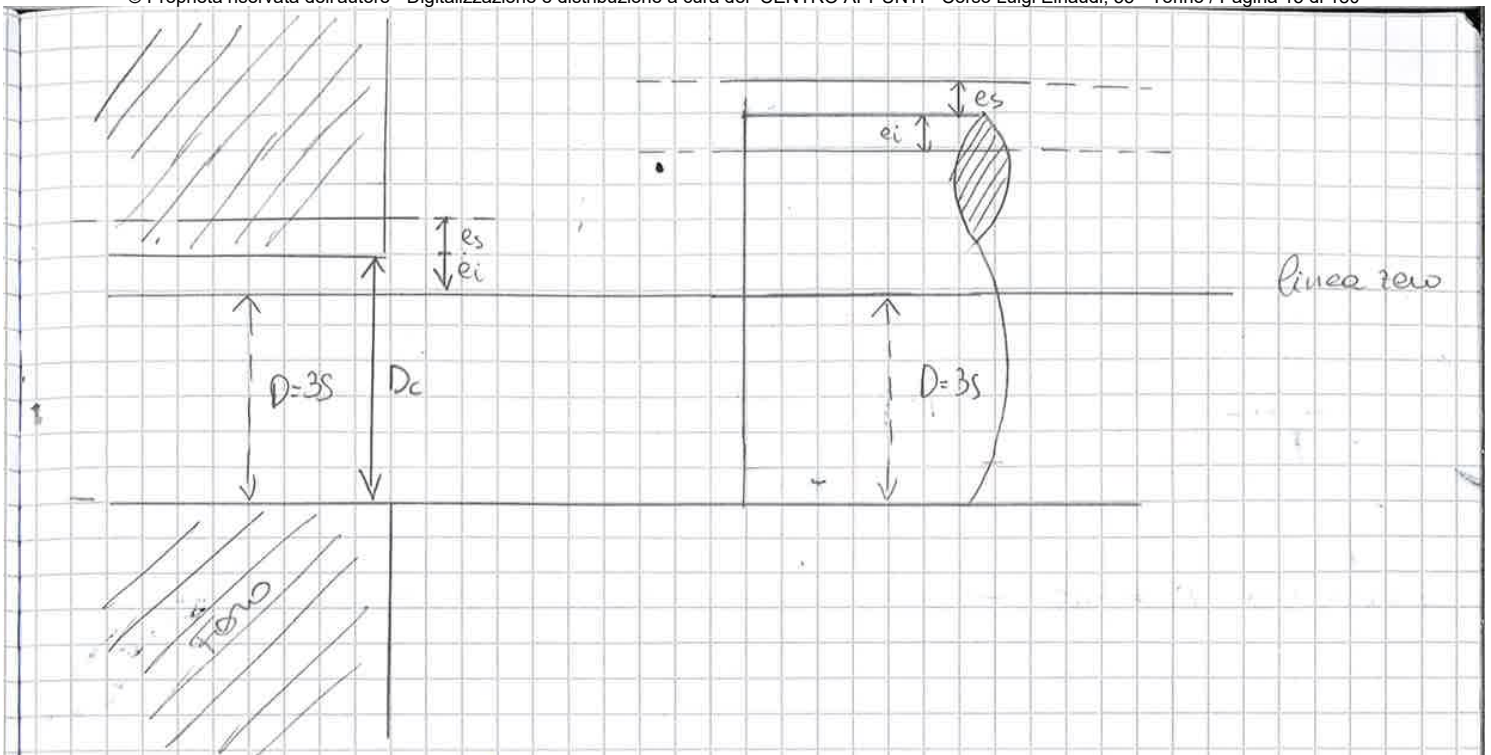
D = 25 mm
 esmax = -20 μm
 t = 33 μm
 esmin = -20 - 33 = -53 μm

Foro

D = 25 mm
 Ei = 0 μm
 t = 33 μm
 Es = 0 + 33 = 33 μm

Caso peggiore GIOCO DI 20 μm = Jmax





ERRORI GEOMETRICI DELLE SUPERFICIE

DEFINIZIONI FONDAMENTALI

- Superficie ideale
- Superficie reale
- Superficie misurata
- Superficie di riferimento
- Superficie reale

Gli errori geometrici delle superfici possono avere

- orientamento
- posto

Le irregolarità superficiali vengono classificate in:

- o Errori di forma (macrogeometrici)
- o Errori microgeometrici

- rugosità (testitura primaria) → DATA DAL TIPO DI ALINEAZIONE DELL'UTENSILE,
- ondulazione (testitura secondaria) VEDENDO L'OGGETTO NERCO A RICONOSCERE IL PROCEDIMENTO USATO

I RUGOSIMETRI

- Strumenti per la misurazione dell'usura
- Dopo il suo utilizzo non è detto che si ottenga una forma perfetta ma una buona approssimazione

Tolleranze nella Progettazione

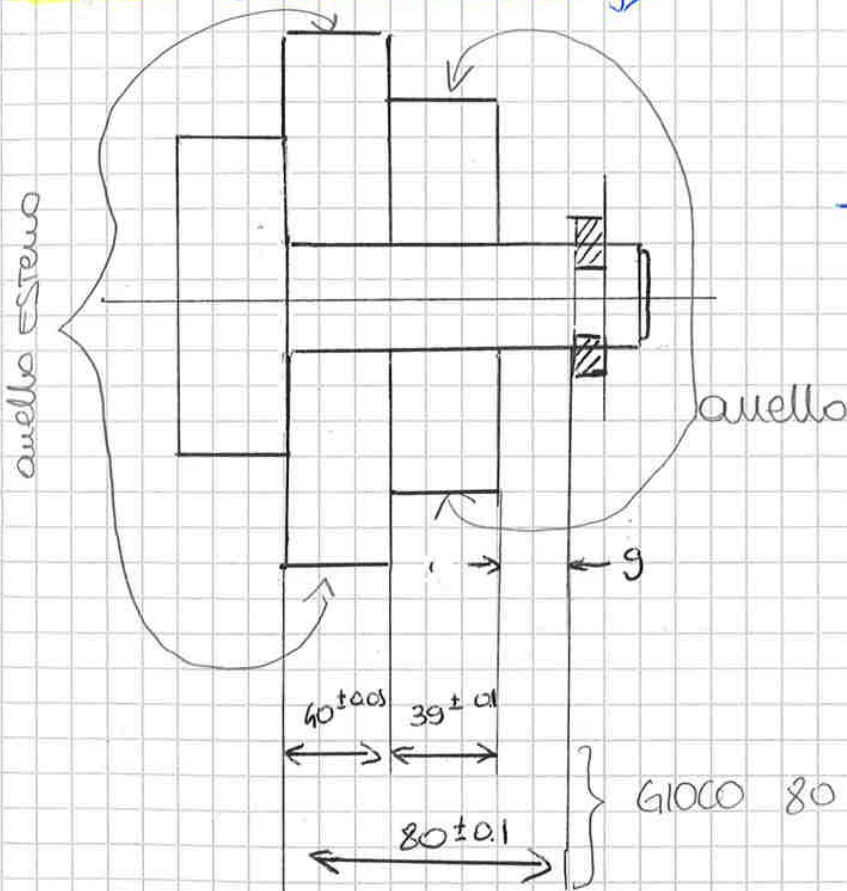
Approccio worst case:

$$t_r = \sum t_j$$

Approccio statistico:

$$t_r = \sqrt{\sum t_j^2}$$

esempio: (Tolleranza del gioco g)



- Soli a simmetria assiale

$$\text{GIOCO } 80 - (40 + 39) = 1 \text{ mm}$$

approccio worst case:

$$t_r(g) = \sum t_i = \frac{0.1}{0.5 \pm 0.05} + \frac{0.2}{0.1 \pm 0.1} + \frac{0.2}{0.1 \pm 0.1} = 0.5 \text{ mm} \pm 0.25$$

approccio statistico:

$$t_r(g) = \sqrt{\sum t_i^2} = \sqrt{0.1^2 + 0.2^2 + 0.2^2} = 0.3 \text{ mm} \pm 0.15$$

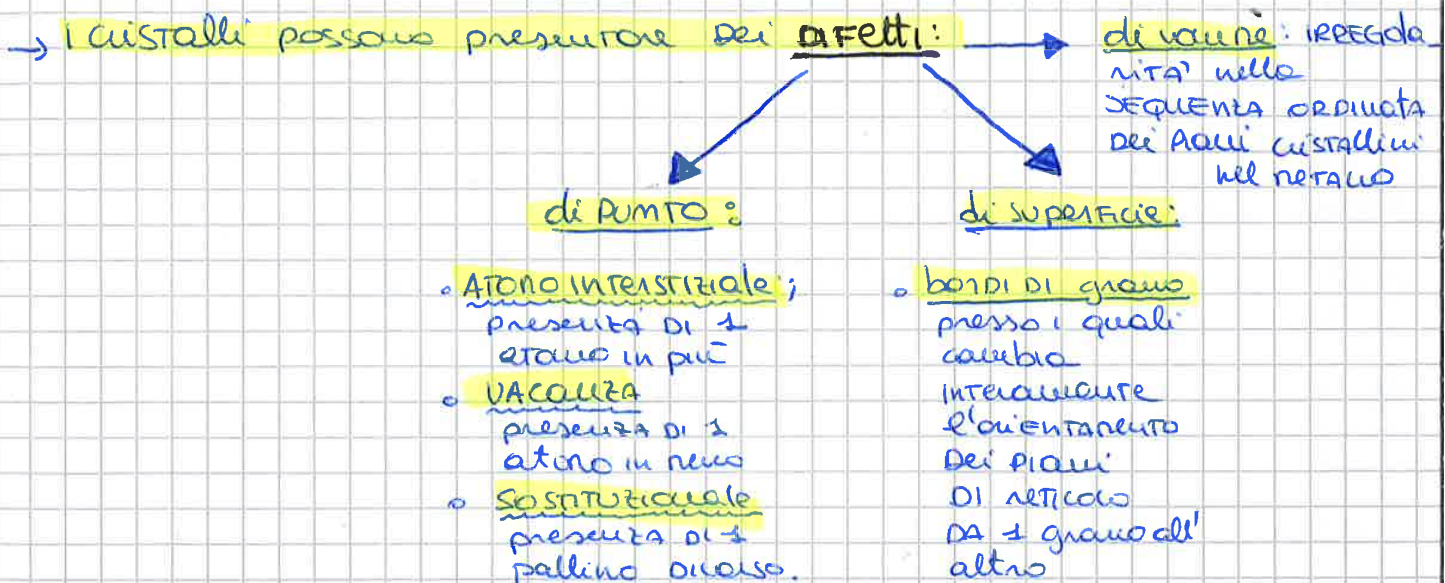
Cubica a facce centrate (CFC)

- Ferro γ (Forma allotropica tra 910 - 1410°C)
- Alluminio (Al)
- nichel (Ni)
- argento (Ag)
- piombo (Pb)
- Cobalto- β (Co- β)
- rame (Cu)

- o Presenta buona duttilità
- o Resistenza meccanica non bassa
- o 12 Piani di scorrimento
- o DIN lato < lato CCC

Cristallini e soluzioni compatte

- RAGGIO (Ag)
- zinco (Zn)
- cadmio (Cd)
- berillio (Be)
- cobalto- α (Co- α)
- titanio- α (Ti- α)



SCORRIMENTO PLASTICO → Deformazione avviene sotto l'azione di forze di taglio lungo i piani di scorrimento
 ↳ Porta a deformazione irreversibile

DEFORMAZIONE ELASTICA → Avviene se il carico che insensisce è < del carico di snervamento

GRANO CRISTALLINO (si forma mediante nucleazione)

- o Rappresenta l'insieme dei reticoli con uguale orientamento in 1 metallo
- o la maggior parte dei metalli è costituita da strutture policristalline
- o Dimensioni dei Grani incidono sulle proprietà meccaniche dei metalli
 ↳ es. → dimensioni, più facile deformabilità
- o **MESE FIUO** o quando i composti formati attorno a + nucleo, si toccano.

NOTA: se raffredda velocemente ottergo strutture di scorrimento, altrimenti omogenea.

I metalli → gli Acciai

LEZIONE 5

Acciai

12/3/2015

LEGHE DI FERRO CONTENENTI CARBONIO IN percentuale $\leq 2,1\%$

↳ si presenta come CEMENTITE (carburo di Ferro - Fe_3C)
 ↳ oltre ad esso possono essere presenti ulteriori elementi alliganti (Nichel, cromo, Vanadio...)

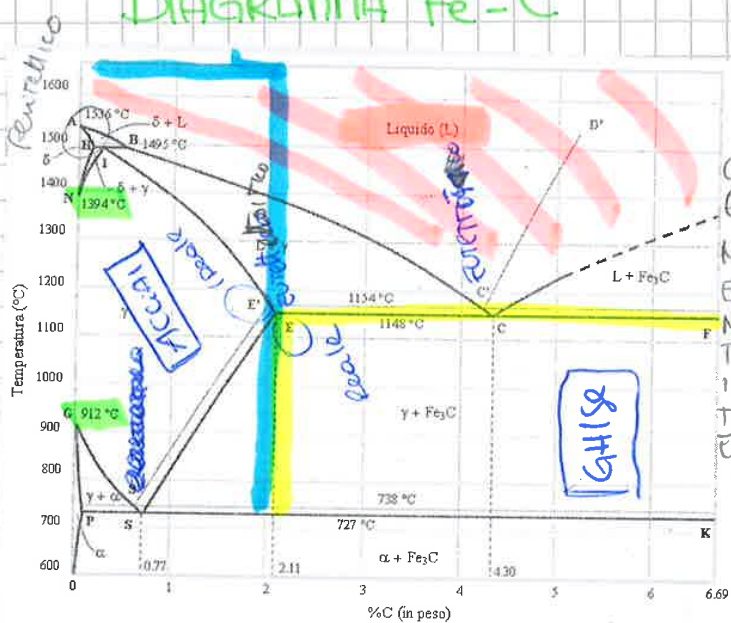
↓
 oltre il 2,1 abbiamo le ghise

HSS: Acciaio super rapido

⇒ le particelle di cementite presenti nella microstruttura dell'acciaio, in determinate condizioni, bloccano gli scorrimenti delle dislocazioni conferendo all'acciaio caratteristiche meccaniche migliori di quelle del ferro puro

⇒ Gli acciai sono leghe sempre plastiche e capaci cioè formabili a differenza delle ghise

DIAGRAMMA Fe-C



NOTA:

- Fe puro → max 0,002% C
- sempre legato ad altri, quali: C, Si, Mn, Cr, Ni...
- A livello industriale si riesce a ottenere Fe con purezza quasi del 100%

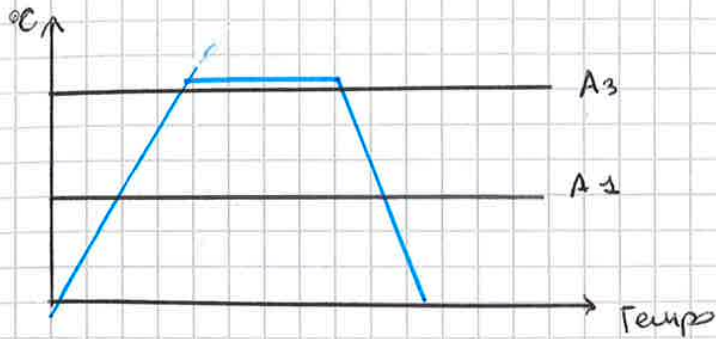
LEGHE Fe-C

Ferrite (Fe α): Soluzione solida di Fe (CCC) e ha un max di solubilità di 0,022% di C a 727°C

Austenite Tra 1394 e 912°C il ferro subisce una trasformazione allotropica da struttura CCC a FCC diventando Fe γ o austenite. Solubilità fino a 2,11% di C a 1148°C. -Duttile a t elevate
 - Più densa della Ferrite
 - buona formabilità

Cementite % C → 6,67%. Composto intermetallico molto duro e fragile e influenza in modo significativo le proprietà dell'acciaio

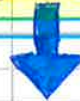
Tempra



→ Riscaldamento a temperatura elevata (800-900 °C) e seguita da raffreddamento rapido in acqua o olio

→ l'acciaio assume elevate caratteristiche di durezza, resistenza meccanica, σ_c , fragilità e causa della struttura martensitica

Non avendo il tempo per diffondere il C rimane intrappolato nelle celle gamma, che si trasformano in celle α a temp. ambiente, ciò porta ad una struttura tetraedrica: MARTENSITE



Rinvenimento



- Forma allotropica METASTABILE dell'acciaio che presenta atomi interstiziali di C nel reticolo del Ferrite. Non sussiste in equilibrio.
- Deformazioni reticolari, causa primaria dell'indurimento
- Risposta alla formazione di distorsioni e cricche

→ Riscaldamento fino a 500-600 °C sotto la temperatura di inizio formazione dell'austenite

→ Raffreddamento lento per aggiungere agli effetti della tempra una buona tenacità meccanica e durezza e fragilità?

Bonifica



Materiali Polimerici

LEZIONE 6
13/3/2015

definizione: molecole a catena lunga e macromolecole

- caratteristiche:
- Elevato rapporto resistenza / peso
 - Basso costo
 - Buona conducibilità elettrica
 - Alta resistenza agli agenti chimici
 - Elevato coefficiente di dilatazione termica
 - Elevata versatilità d'impiego
 - FACILITÀ DI LAVORAZIONE

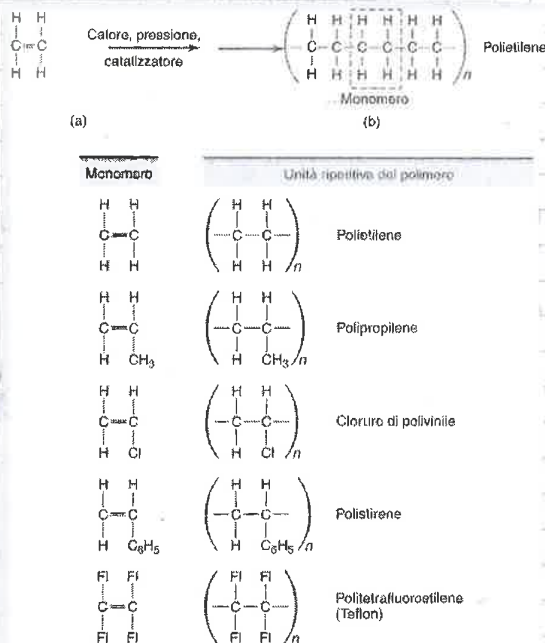
Applicazioni principali

- Contenitori per cibo
- Imballaggi
- Proppati per le cose
- Schiume
- Vernici
- Giochi

(→ monomero → Elemento base)

Polimeri cristallini → + densi
dei
Polimeri
ANORFI

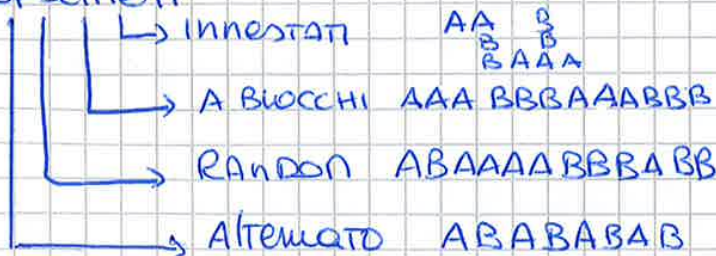
ESEMPLI:



CLASSIFICAZIONE

- IN BASE alla COSTITUZIONE

- OMOPOLIMERI → monomero uguale in tutta la catena (-A-A-A-)
- COPOLIMERI



Caratteristiche Fisico-Chimiche

- Basse densità (leggeri)
- Resistenza a trazione
- Resistenza all'urto (resistenti)
- Capacità isolante elettrico elevata
- Basso T_{max}, eccetto Teflon

POLIETILENE (PE)

- Termoplastico - lo si lavora per l'amministrazione di colore - trasparente, bianco-traslucido
- Fogli sottili e trasparenti, oppure prodotti variamente colorati
- Punto di fusione 110 - 137 °C
- Fragile a -75 °C
- Due tipi
 - o HDPE (struttura a catena lineare)
 - o LDPE (struttura a \sim ramificata)

→ E' IL PIU' DIFFUSO:



Buone Caratt. in generale

- Basso costo
- Buona tenacità
- Resistenza meccanica sufficientemente elevata
- Buona elasticità
- Buona resistenza a oli, acidi, alcali
- Buon isolamento elettrico
- Basso permeabilità all'acqua
- Scarsamente solubile
- Basso permeabilità a O₂ e CO₂

→ Degradazione delle proprietà meccaniche per lunga esposizione a ossigeno e luce

→ Usato in campo agroalimentare, chimico, elettrico...

POLIVINILCLORURO (PVC)

- Ottenuto dal cloruro di vinile
- Punto di fusione a T_{bone} (204 °C)
- Pt di transizione vetrosa: 80 °C
- Resistenza meccanica elevata
- " solventi
- " chimico
- " alle fiamme

PROVE MECCANICHE DISTRUTTIVE

LEZIONE 7

18/3/2015

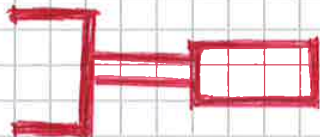
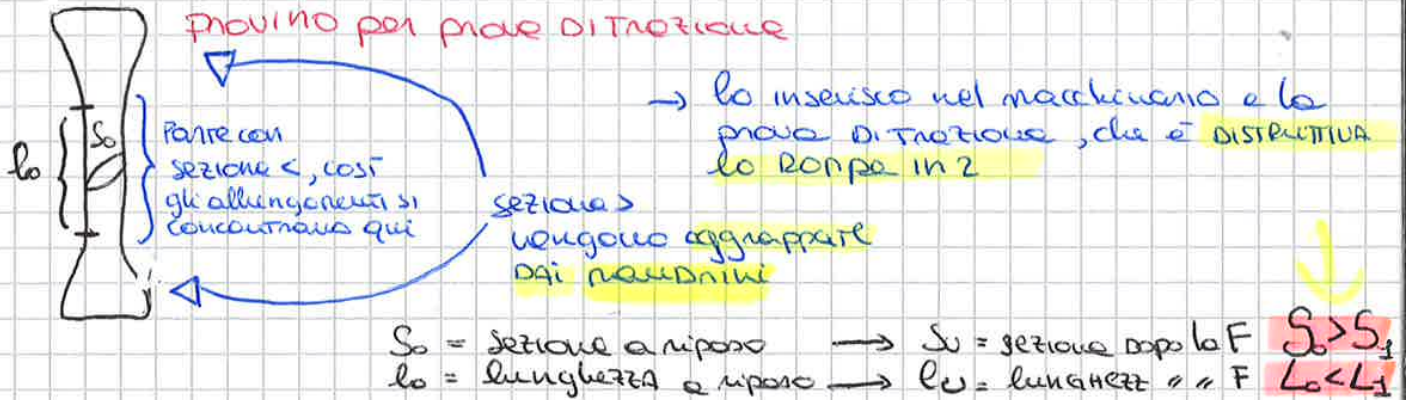
PROVA DI TRAZIONE → EXAME !!!

esempio: costruzione stadio juve

Scopo: risalire alle caratteristiche meccaniche dei materiali

Modalità: provini cilindrici o di sezione rettangolare, di dimensioni trasversali trascurabili rispetto la lunghezza, vengono sottoposti ad un carico assiale di trazione.

NOTA → avviene in 1 sola direzione.



TRASDUTTORE D'ALLUNGAMENTO

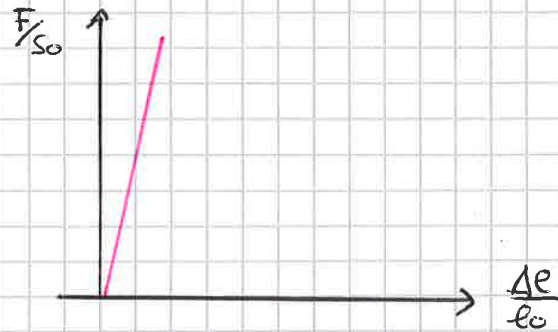
Deve digitalizzare l'allungamento, cioè se l'allungamento avviene tra le 2 estremità lui registra i dati e li manda al PC

⇒ Sulle ali degli aerei ci sono i Rivetti (che sono stati sottoposti a trazione) → sono migliori dell'opzione di saldatura delle ali perché con la saldatura si scalerebbero e poi raffredderebbero con possibile formazione di cricche che portano più facilmente alla rottura del pezzo.

materiali fragili:

GRAFICI
TENSIONE - DEFORMAZIONE

Fragilità: tendenza di alcuni materiali a rompersi bruscamente senza che avvengano precedentemente deformazioni e sbriciamenti. È un concetto molto importante nell'ambito della resistenza perché rappresenta un tipo di rottura piuttosto pericolosa, spesso è un effetto collaterale di un trattamento di indurimento.



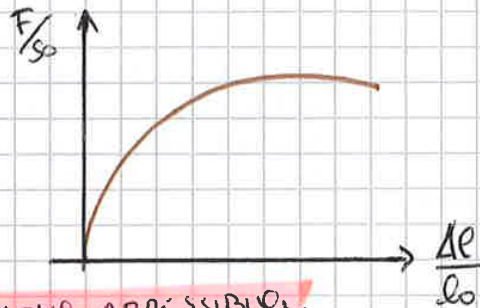
materiali duttili:

Duttilità: proprietà fisica della materia che indica la capacità di un corpo e di un materiale di deformarsi plasticamente sotto un carico prima di giungere a rottura, cioè la capacità di sopportare deformazioni plastiche. Un corpo è tanto più duttile quanto > è la deformazione prima della rottura.

Allungamento % MASSIMO:

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100$$

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100$$



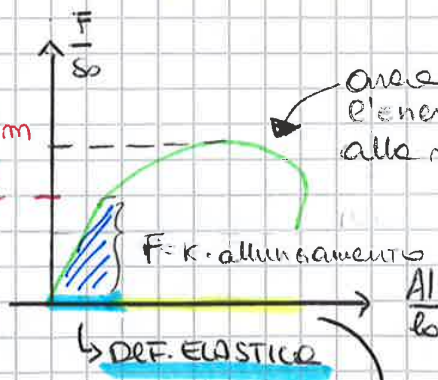
MASSIMA RIDUZIONE DI SEZIONE AMMISSIBILE

materiali tenaci:

Tenacità: in un materiale indica la sua capacità di assorbire energia spendendola nelle sue deformazioni. La scarsa tenacità di un materiale può portare ad una rottura di tipo fragile.

TENSIONE ULTIMA A TRAZIONE UST

CONCO DI SBRICIAMENTO
(tensione che separa regione con comport. elastico da plastica)



area sottesa alla curva è l'energia assorbita per arrivare alla rottura

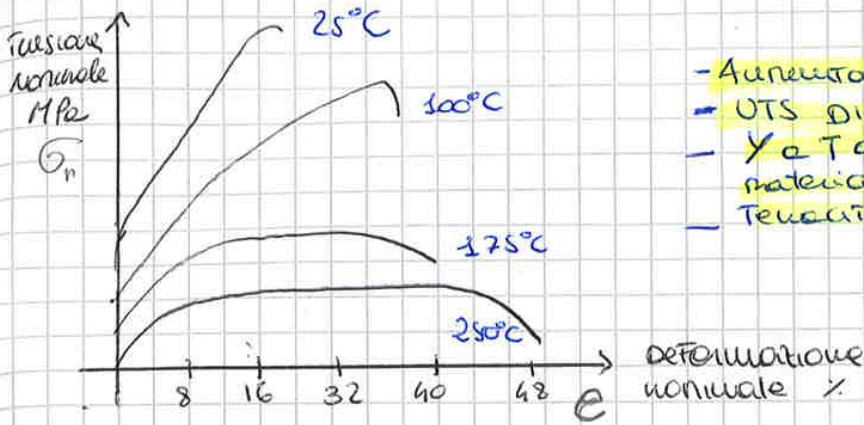
N.B.!

$$UST = \frac{F_m}{S_0}$$

MODULO DI RESISTENZA
 $\frac{1}{2} \cdot \frac{R_e^2}{2 \cdot E}$

DEF. ELASTICA → DEF. PLASTICA
allungamento a rottura

EFFETTO TEMPERATURA



- Aumento T , aumento duttilità
- UTS diminuisce con T
- γ a T ambiente $\approx \gamma$ dello stesso materiale a T elevate
- Tenacità circa uguale

Esercizio 4

$l_0 \rightarrow l_1 \rightarrow l_2$

ho un provino di lunghezza l_0 sottoposto a tensione \rightarrow dello snervamento, passo a l_1 , eseguo una successiva tensione che lo porta a l_2

Confronto caso A \rightarrow

Con il caso B: $l_0 \rightarrow l_2$ al provino di lunghezza l_0 applico la tensione che lo porta direttamente a l_2

Caso (A)

$$e_1 = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

$$e_2 = \frac{\Delta l}{l_1} = \frac{l_2 - l_1}{l_1}$$

$$e_{tot} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} + \frac{l_2 - l_1}{l_1}$$

$$= \frac{l_1^2 - l_0 l_1 + l_2 l_0 - l_1 l_0}{l_0 l_1}$$

$$= \frac{l_1^2 - 2 l_0 l_1 + l_2 l_0}{l_0 l_1}$$

Caso (B) $e_{tot} = \frac{l_2 - l_0}{l_0}$

Paradosso: in entrambi i casi parto da l_0 e arrivo in l_2 ma le deformazioni istantaneamente sono \neq

\hookrightarrow Risolvo: introducendo tensioni e deformazioni reali

TENSIONI E DEFORMAZIONI REALI

Tensione reale

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

DEFORMAZIONE INFINITESIMA

$$d\varepsilon = \frac{dl}{l}$$

DEFORMAZIONE NATURALE

$$\varepsilon = \int_{l_0}^{l_p} \frac{dl}{l} = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right)$$

35

Conversione di Deformazioni

$$\epsilon = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln(1+e)$$

\uparrow
 $e = \frac{l - l_0}{l_0}$

⇒ RIPRENDO LA TENACITA'

$$\text{Tenacità} = \int_0^{\epsilon_{\max}} \sigma \cdot d\epsilon$$

Slide 84

EQUAZIONI COSTITUTIVE DEL MATERIALE

Esponenziale
(Hollomon)

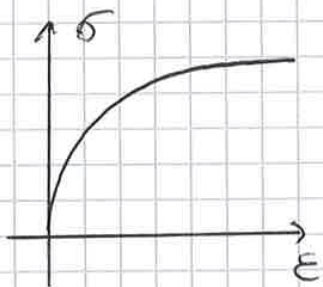
$$\sigma = C \cdot \epsilon^n \quad \text{INDETTANTISSIMA!!!}$$

C = costante → fattore di resistenza

n = COEF. DI INCLINAMENTO → DATO DALLA PRESENZA DI IMPERFEZIONI

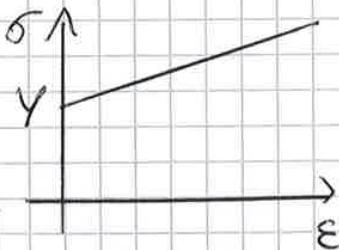
↳ NAN NANO CHE UN PIANO SCORRE SULL'ALTRO DE IMPERFEZ. SI ATTACCIANO E OPpongono sempre + RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO → FENOMENO DI INCLINAMENTO

⇒ se $n=0$ $\sigma=C$ → PERFETTAMENTE PLASTICO



Lineare:

$$\sigma = Y + k \cdot \epsilon$$



Calcolo della deformazione naturale dopo l'instabilità

$$\frac{F_{sn}}{l_0} = \frac{S_0}{S_{sn}} \Rightarrow \epsilon_{sn} = \ln\left(\frac{F_{sn}}{F_0}\right) = \ln\left(\frac{S_0}{S_{sn}}\right)$$

Tabella dei dati:

Δl [mm]	F [kN]	S [mm ²]	σ_n [MPa]	ϵ [%]	σ [MPa]	ϵ [%]
0	16	50,3	318	0,0	318	0,0
0,2	25	50,2	497	0,4	499	0,4
0,8	30	49,5	597	1,6	606	1,6
2	36	48,3	716	4,0	745	3,9
4	42	46,5	836	8,0	902	7,7
6	45	44,9	895	12,0	1003	11,3
8,6	46	42,9	915	17,2	1073	15,9
9,8	33	18,1	657	19,6	1224	102,2

PER BASSI Δl
(parte elastica)
Tensioni reali
e ingegneristiche
sono molto simili

Non è in cui avviene
la strizione, la superficie
che si era ridotta uniformemente
ora subisce un brusco decremento
in \pm pt

ESERCIZIO in classe → TIPO ESANE

Materiali con legge costitutiva $\sigma = 689,5 \cdot \epsilon^{0,5}$

caricare
- UTS reale
- UTS ing

$$\begin{aligned} \text{UTS}_{ing} &= \sigma_n = \frac{F}{S_0} \\ \text{UTS}_{reale} &= \sigma = \frac{F}{S} \end{aligned}$$

N.D

$$689,5 \cdot \epsilon^{0,5} = \frac{F}{S_0} \quad \text{ing}$$

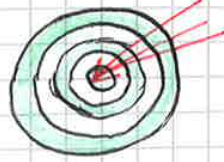
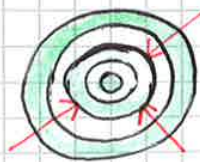
$\epsilon = 689,5$ LEGGE HOUSNER $\epsilon?$ \Rightarrow no $\epsilon = n$ $\epsilon = 0,5$

$$\sigma_n = \frac{F_{max}}{S} = 689,5 \cdot 0,5^{0,5} = \text{UTS REALE} = 487,55 \text{ MPa}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \epsilon_{reale} &= \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln\left(\frac{S_0}{S}\right) = 0,5 & \frac{S_0}{S_{sn}} &= e^{0,5} \\ S_0 &= S_{sn} \cdot e^{0,5} \end{aligned} \right.$$

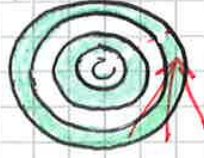
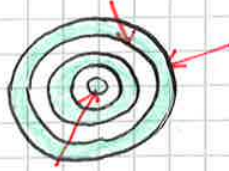
$$\left\{ \begin{aligned} \text{UTS}_{ing} &= \frac{F_{max}}{S_0} = \text{UTS}_{reale} \cdot \frac{S_{sn}}{S_0} = 487,55 \cdot \frac{S_{sn}}{S_{sn} \cdot e^{0,5}} = 295,71 \text{ MPa} \end{aligned} \right.$$

- MOLTO ACCURATO
- RICONFERMABILE



- MOLTO ACCURATO
- MOLTO RIPETIBILE

- POCO ACCURATO
- POCO RIPETIBILE



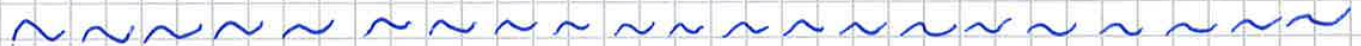
- POCO ACCURATO
- MOLTO RIPETIBILE

IV) **Riproducibilità**: range di variazione del valore ottenuto dallo strumento, misurando ripetutamente la stessa grandezza in condizioni diverse (deviazione standard \rightarrow rispetto alle ripetibilità)

V) **Risoluzione di lettura (e portata)**: più piccolo incremento di valore misurabile sulla scala (es: righello \rightarrow mm)

VI) **Stabilità**: capacità di fornire un segnale in uscita costante nel tempo quando la grandezza misurata rimane costante nel tempo

VII) **Prontezza**: rapidità con cui lo strumento esegue la misura o rileva le variazioni di grandezza misurata.



ESERCIZIO 1

N.B

LEZIONE 9 / ESERCITAZIONE
20-3-2013

Stato di sollecitazione di trazione $\Delta l > 0 \rightarrow e > 0$
" " " " compressione $\Delta l < 0 \rightarrow e < 0$

$\sigma_n = \frac{F}{S_0}$ $e = \frac{\Delta l}{l_0}$ ingegneristica

$\sigma = \frac{F}{S}$ $E = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right)$ reale $\sigma = \sigma_n(1+e)$ $E = \ln(1+e)$

$S_0 = 6.35 \times 6.38 = 40.513 \text{ mm}^2$ $l_0 = 25 \text{ mm}$ (testo)

$\log(\sigma)$	$0 \rightarrow \sigma_n \rightarrow (F/S_0)$	$l \rightarrow 0 (\Delta l/l_0)$	$\sigma \rightarrow 0$	$E \rightarrow 0$	$\log(E)$
-	224,6	0,08	242,6	0,8	-
2,38	276,5	0,16	320,7	0,15	-0,11
2,51	311	0,24	385,7	0,22	-0,83
2,59	333,2	0,32	439,9	0,28	-0,67
2,64	345,6	0,40	483,8	0,34	-0,56
2,68	350,5	0,50	525,8	0,41	-0,17
2,72					-0,39

$$V = S_0 \cdot l_0 \quad [\text{dm}^3]$$

$$\text{Peso} = V \cdot \rho \quad [\text{kg}]$$

0,078	0,047	2,129
0,39	0,37	0,36

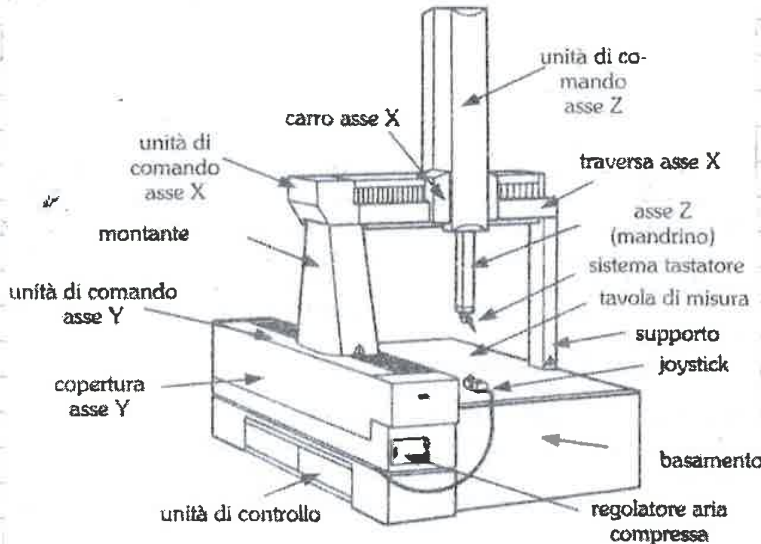
↳ DENSITA'

↳ LEGGERO e la lega di TITANIO

MACCHINA MISURA COORDINATE

LEZIONE 10

25/3/2015



ROBOT CON BASAMENTO, PIANA TOTALMENTE IN GRANITO, CHE PARZIALMENTE COSTITUITO DA UN BLOCCO MOBILE CHE SI MUOVE SU ASSI, IL BLOCCO HA UN TESTATORE (PUNTA SFERICA FATTA DI RUBINO) CHE A CONTATTO CON L'OGGETTO DIGITALIZZA LE COORDINATE DEL PUNTO.

TALI MACCHINE VENGONO TENUTE IN SALE SPECIFICHE CON DETERMINATE CONDIZIONI AMBIENTALI

MISURE DI DUREZZA

PROVE DI DUREZZA: VENGONO ESEGUITE PERCHÉ:

- POSSONO ESSERE ESEGUITE SU PEZZI GIÀ MONTATI
- NON DISTRUGGONO NE ALTERANO IL PEZZO (NON ASSOLUT. VERO)
- ESEGUIBILI CON RAPIDITÀ E METTI SEMPLICI
- PROVE FACILMENTE AUTOMATIZZABILI
- SONO INDICI DI CONFRONTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE DEI MATERIALI, DEI PROCESSI TECNOLOGICI E DEI TRATTAMENTI TERMICI
- CONSENTONO DI MISURARE INDIRETTAMENTE E NOTRE CARATTERISTICHE DEL MATERIALE
 - o RESISTENZA A TRAZIONE
 - o TENACITÀ
 - o INCRUDINEZZA
 - o EFFETTO DI TRATTAMENTO TERMICO
 - o LAVORABILITÀ ALLE MACCHINE UTENSILI
 - o RESISTENZA ALL'ABROSIONE

OSSERVAZIONI

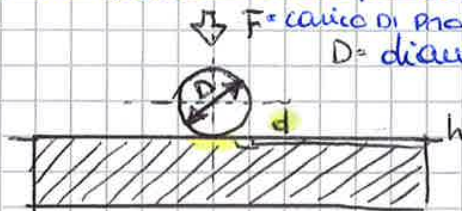
- NON CONVIENE DI ESPRIMERE UN GIUDIZIO ESAUSTIVO SULLO STATO DEL MATERIALE
- I VALORI DI DUREZZA MISURATI DIPENDONO DALLE CONDIZIONI DI PROVA

PROVA MOHS → (misura una scala morbide)

- 1822
- Basata sulla capacità di un materiale più duro di scalfare uno più FRAGILE
- USATA DA GEOLOGI
- Basata su una scala da 1 a 10
 - + FRAGILE (ALCO) (1)
 - + Resistente (MARMAR) (10)
- Ogni materiale con un grado di durezza superiore può scalfare quelli di durezza minore

PROVA BRINELL

- Consiste nel far penetrare nel pezzo una sfera d'acciaio di diametro D con una forza F
- Misura il diametro dell'impronta sul pezzo (d)
- Definizione: **Chiusura Brinell (HB)**
 - CARICO APPLICATO
 - SUPERFICIE IMPRONTA
- Fisicamente la misura corrisponde alla pressione di contatto



$h = \text{altezza impronta calotta sferica}$
 $d = \text{diametro " " "}$

Si deduce che l'angolo di impronta di diametro $d < 30 \text{ mm}$

Per valutare la misura si prendono le misure di 2 diagonali L tra loro e se si trova **HB**

misura con incertezza circa $\pm 0,01 \text{ mm}$

⇒ Il carico di prova (P) è espresso in **Kgf**

⇒ Il passaggio dell'espressione del carico di prova in N all'espressione in Kgf è data da:

$$P = \frac{1}{g_m} \cdot F = \frac{1}{9,80665} \cdot F = \frac{1}{9,80665} F$$

⇒ Si ha **$HB = \frac{P}{S}$** **NOTA BUONA** ⇒ **$HB \approx 3Re$** (Tensione di snervamento)

Ricorda! (sarete)

$$HB = \frac{P}{S} \rightarrow S = \frac{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2} \rightarrow HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

← **INTRAUTISSIMA** (superficie calotta sferica)

$$HB = \frac{1}{g_m} \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Prova Rockwell (HR)

- Misurazione diretta tramite strumento di misura delle prove
- Indicazione della durezza è solo funzione della penetrazione della punta nel materiale
- A differenza delle altre prove viene definita da 2 scale convenzionali

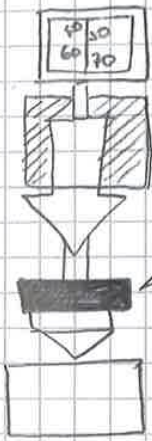
⇒ Si esegue in 2 TEMPI

- Preconico (evitare che la parte elastica del materiale falsi il risultato)
- Carico

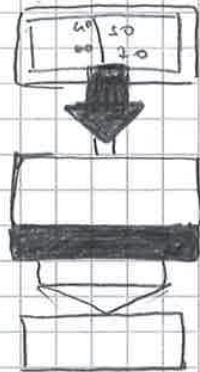
⇒ Misura è legata all'incremento e alla profondità dell'impronta

→ carico di prova in Kgf

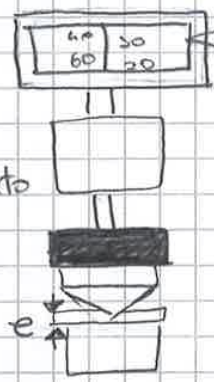
Esecuzione Prova



Preconico di 10 Kg e arrestamento del quadrante
 ↳ per EVITARE che la parte elastica del materiale falsi il risultato



AGGIUNTA DI 1 SECONDO CARICO DI 340 Kg



Sottrazione del carico e lettura sul quadrante della misura in gradi HR

Si rimuove il 2° carico e si va a leggere di quanto è penetrato il penetratore nel provino

Prova di Compressione

→ Le provette di forma cilindrica sono piane e \perp all'asse geometrico della provetta (UNI 558)

Prova Durezza vs Prova Compressione

→ La prova di durezza equivale a 1 prova di compressione localizzata

→ Relazione $HB \cong 3 R_e$

Prova Flessione

→ Determinazione delle caratteristiche dei materiali limitatamente alle deformazioni elastiche

→ Verifica del carico corrispondente a una determinata freccia

→ Per materiali fragili che non presentano deformazioni permanenti fino alla rottura, misura il carico di rottura della provetta

→ Provette hanno sezione quadrata, rettangolare o circolare con dimensioni trasversali costanti per tutta la lunghezza (UNI 559)

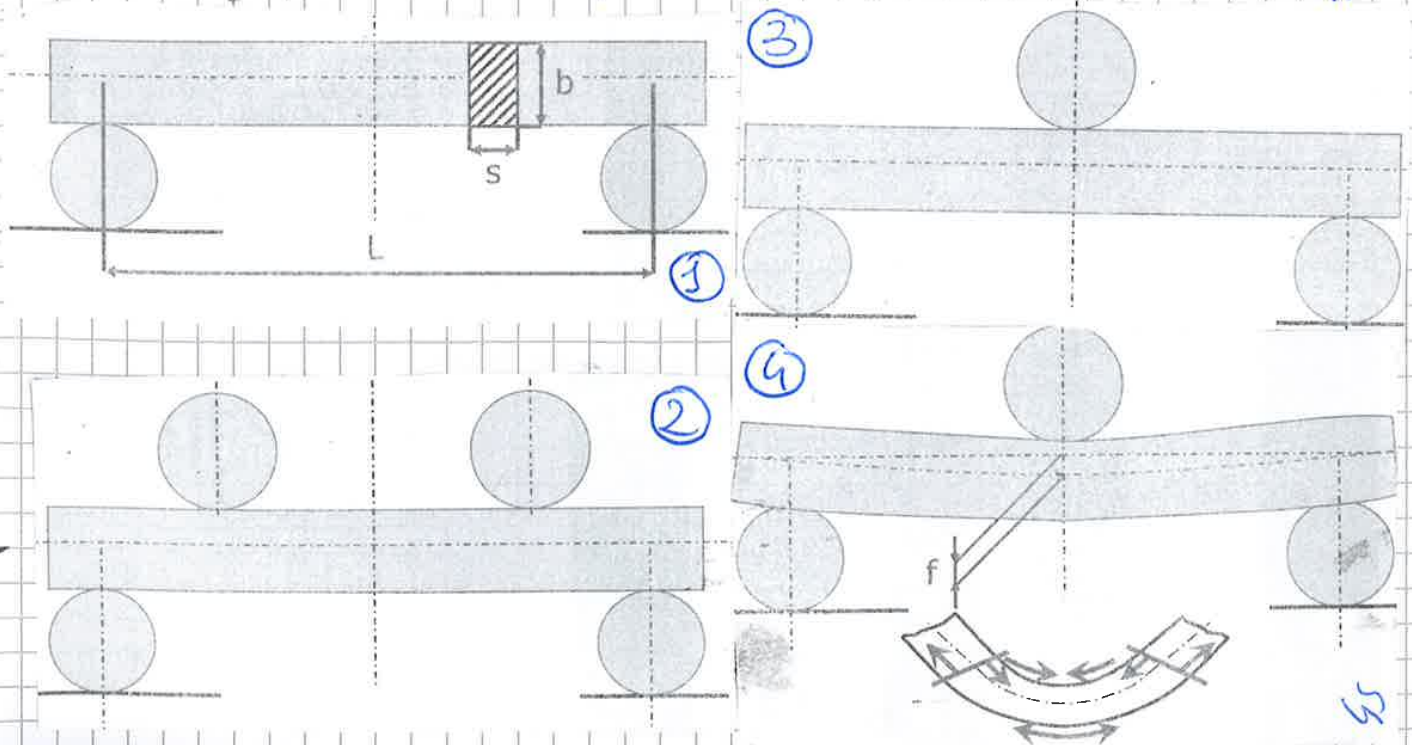
→ Forma, dimensioni, grado di finitura delle provette sono determinati dalle specifiche di prova

Esecuzione Prova

→ Provetta posta su due supporti, è caricata con un carico posto a metà distanza dagli appoggi

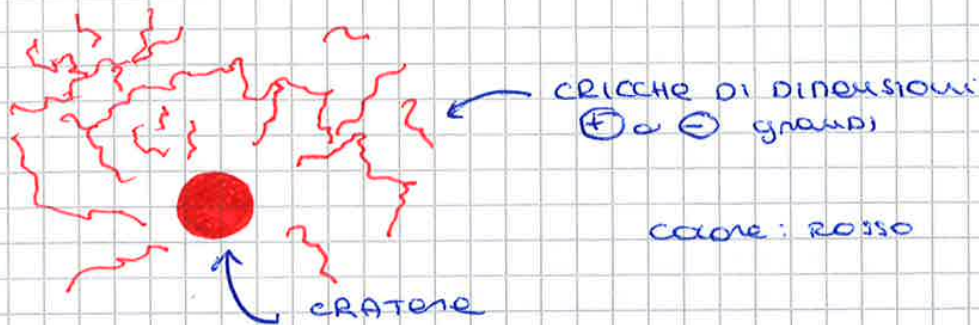
→ In alternativa si possono utilizzare 2 carichi uguali e simmetrici

→ La freccia f è misurata perpendicolarmente al piano degli appoggi



I PROVA DEI LIQUIDI PENETRANTI (PT)

1. Analisi dello stato della superficie del materiale
2. Difetti neri in risalto con liquidi speciali a BASSA VISCOSITA' e tensione superficiale che penetrano per capillarità nelle discontinuità
3. Si rimuove il liquido dalla superficie
4. Il liquido penetrato nelle FESSURE RIMANE INTROAPPOLATO E VIENE EVIDENZIATO DA 1 AGENTE ASSORBENTE



TIPLOGIE DI LIQUIDI

a. CONTRASTO DI COLORE

osservazione mediante luce visibile
 si rilevano cricche larghe fino a 0,2 mm

a. liquidi fluorescenti

osservazione con radiazione UVA
 sono rilevate cricche larghe fino a 0,02 mm
 migliori risultati con superfici rettificata

LIMITI DELLA PROVA

- non rileva difetti sotto pelle o chiusi in superficie
- non applicabile su superfici rugose e porose
- l'interpretazione dei risultati è fatta esclusivamente da personale autorizzato
- esame limitato a zone facilmente accessibili

II MAGNETOSCOPIA (MT)

- Rilevazione di difetti superficiali o appena sotto la superficie
- Tecnica di controllo molto sensibile, fino a una profondità di 4-5 mm
- Applicabile solo a materiali ferromagnetici

FISICA DEL PROCESSO

1. Il riciclaggio dei difetti avviene perché le particelle si dispongono lungo le linee di flusso del c.m.
2. Viene generato un flusso magnetico che si divide all'interno del pezzo
 Perché la presenza di difetti
3. Alcune particelle magnetiche sulle superfici del pezzo vengono attratte dal flusso, dalla loro distribuzione si

IV) RADIOGRAFIA (RT)

es: aereoporto → BAGAGLI:
- prodotti alimentari

- CONTINUO SALDATURE - GETTI IN GHISA
- MATERIALI COMPOSTI - MATERIE PLASTICHE

→ TAC → VANTAGGIOSA perché permette di ricostruire il volume e la geometria dell'imperfezione

TECNICA RADIOGRAFICA

o Rilevamento su pellicola della variazione di attenuazione che 1 FASCIO DI RAGGI X SUBISCE IN FUNZIONE DEGLI SPessori attraversati

o DISCONTINUITA' e emergono come zone scure

(Fino 150 mm)

~ Per spessori > 150 si usano radiazioni γ con esposizione panoramica

~ Per spessori oltre 10 cm si usano acceleratori lineari

~ Si possono rilevare difetti dell'ordine di $1 \div 2 \%$ del pezzo, per sensibilità > si usa il metodo ad ultrasuoni

VANTAGGI RADIOGRAFIE

D'ESecuzione

→ il costo (una volta comprato il macchinario che è molto costoso) è molto basso.

→ contenitore piccolo

→ sorgente piccola può passare in aperture strette

→ NO Alimentazione elettrica

SVANTAGGI RADIOGRAFIE

→ possibile non rilevare difetti bidirezionali

→ poco contrasto → non immediato riconoscimento di difetti

→ spessore max 180 mm

→ elevati costi sostituzione sorgente radioattiva

V) ALTRE PND

• TERMOGRAFICA

• OLOGRAFICA

un ologramma secondo specifiche viene proiettato su un prodotto per evidenziare possibili interferenze

• EMISSIONE ACUSTICA

Sfrutta rilascio energia nella forma di onde elastiche che risultano da microvibranti interni di un materiale quando viene opportunamente sollecitato

• IMPATTO ACUSTICO

Consiste nel dare colpi leggeri alla superficie di un oggetto per ascoltare e analizzare le onde sonore trasmesse in modo da identificare discontinuita' o difetti

METALLI	E [GPa]	G [GPa]	ν
Alluminio	79	26	0,34
Cromo	279	115	0,21
Rame	130	48	0,34
Piombo	14	5	0,43
Magnesio	45	17	0,29
Molibdeno	325	123	0,32
Nichel	200	76	0,31
Ferro	211	82	0,29
Acciai deb. legati	200	76	0,33
Acciai inossid. (18-8)	193	66	0,28
Tantalio	186	69	0,34
Titanio	116	44	0,32
Tungsteno	411	160	0,28

PARAMETRI ELASTICI

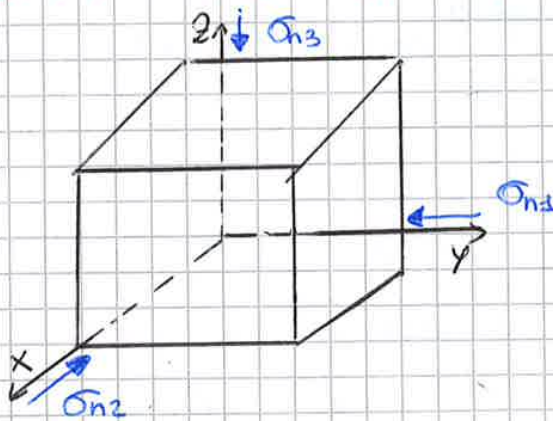
NO PRINC. CONSERV. VOLUME IN FASE ELASTICA

- TUNGSTENO: E' IL + RIGIDO

→ anche con carico elevato, influente poco la prova di arezza perché, deformazione piccola

- POCO RIGIDI: AP, Pb, Mg

ANALISI TRIASSIALE TENSIONI (≠ TRAZIONE → monoassiale)



TENSIONI PRINCIPALI TRIASS.

$$\sigma_{n1} > \sigma_{n2} > \sigma_{n3}$$

IMPORTANTISSIMO TENSIONE MEDIA

$$\sigma_{nm} = \frac{\sigma_{n1} + \sigma_{n2} + \sigma_{n3}}{3}$$

- le σ hanno segno (+) se sono uscenti dal cubo

- τ = tensione di taglio (tau)

$$\sigma_{ij} = \begin{pmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{pmatrix}$$

TENSORE DEGLI SFORZI

MATRICE SIMMETRICA

~ se applico τ_{zy}



deformazione:



~ se applico τ_{yz}



~ applico τ_{xy}



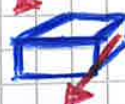
~ se applico τ_{xz}



~ applico τ_{zx}



~ applico τ_{yx}



Principio conservazione del volume $\Rightarrow V_0 = V_f$

$$\Delta V = V_f - V_0 = 0$$

$$\frac{\pi}{4} [(d_0^2 + \Delta d^2 + 2d_0 \Delta d)(l_0 + \Delta l)] - V_0 = 0$$

$$\frac{\pi}{4} [2d_0 \Delta d l_0 + d_0^2 \Delta l] = 0 \quad 2\Delta d l_0 = -d_0 \Delta l$$

$$2 \frac{\Delta d}{d_0} = -\frac{\Delta l}{l_0} - 2V = -1 \quad V = \frac{1}{2}$$

b) P.C.V.

$$\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \quad \frac{1}{E} \sigma_1 + 2 \frac{1}{E} (-V \sigma_1) = 0$$

$$\sigma_1 - 2V \sigma_1 = 0 \quad V = \frac{1}{2}$$

CONDIZIONE DI INSTABILITÀ

LEZIONE 12 /
ESERCITAZIONE ②

$$F_{max} \Leftrightarrow \frac{dF}{dE} = 0 \quad F = U \cdot S \quad e$$

27/3/2015

$$\frac{d(\theta \cdot S)}{dE} = S \frac{d\theta}{dE} + \theta \cdot \frac{dS}{dE}$$

$$E = \ln\left(\frac{l}{l_0}\right) = \ln\left(\frac{S}{S_0}\right)$$

Principio conserv. volume

$$\frac{l}{l_0} = \frac{S_0}{S} \text{ per p.c.v.}$$

$$\frac{S_0}{S} = e^E \quad S = S_0 \cdot e^{-E}$$

$$S_0 \cdot e^{-E} \frac{d\theta}{dE} + \theta \cdot \frac{d(S_0 \cdot e^{-E})}{dE} = S_0 \left(\frac{d\theta}{dE} e^{-E} - \theta e^{-E} \right) = 0$$

Ma, moltiplicando per e^E

$$\frac{d\theta}{dE} = \theta$$

ESERCIZIO 5 (FINE LIBRO AS2)

Data la curva $\sigma = 1200 \cdot e^{0,35 \epsilon}$ trovare il carico di rottura

$$C = 1200 \quad n = 0,35 \quad \text{Ma } \epsilon = n \quad E = 0,35$$

$$\sigma = 1200 \cdot 0,35^{0,35} = 831 \text{ MPa}$$

ESERCIZIO 8 (FINE UBINO A.S.S)

DATA la curva: $\sigma = A + B \cdot E$

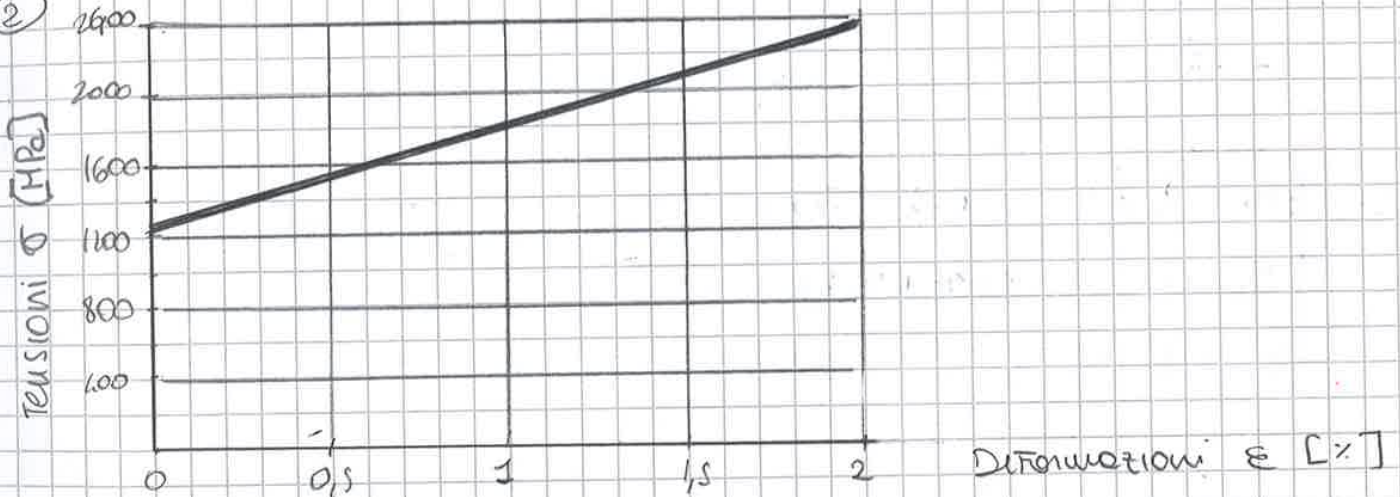
Consideriamo una legge lineare di approssimazione della curva caratteristica in campo elastico. Il modulo di Young Equivalente è $E = 210000 \text{ MPa}$
 $A = 1294 \text{ MPa}$, $B = 650 \text{ MPa}$

1. Trova il carico di snervamento secondo le norme UNI ($\epsilon_{nes} = 0,2\%$)
2. Ricava caratteristiche materiali in campo elastico-plastico

1.

$$\begin{cases} \sigma = A + B \cdot E \\ \sigma = E \cdot (\epsilon - \epsilon_{nes}) \end{cases} \Rightarrow \left(1 - \frac{B}{E}\right) \sigma = A + B \epsilon_{nes} \Rightarrow \sigma = \frac{A + B \epsilon_{nes}}{1 - \frac{B}{E}} \approx 1299 \text{ MPa}$$

2.

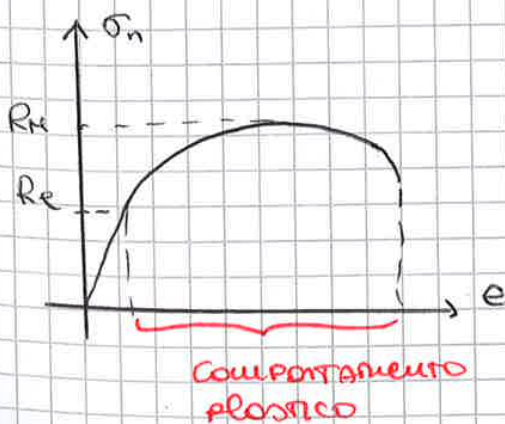


COMPORTAMENTO PLASTICO (ESAME)

LEZIONE 13

1/4/2015

Ricordo:



CRITERI:

TRESCA
(TENSIONE TANGENZIALE MAX)

$$\sigma_1 - \sigma_3 = Y$$

VON MISES

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2Y^2$$

TENSIONE DI DEFORMAZIONE EQUIVALENTE

TENSIONE EQUIVALENTE: IL SUO VALORE DEVE COINCIDERE CON IL LIMITE DI SNELLEN σ_0

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$$

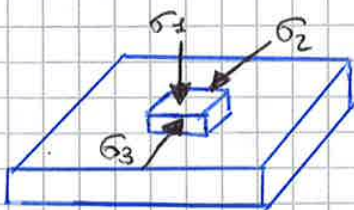
DEFORMAZIONE EQUIVALENTE: MOLTIPLICATA PER LA TENSIONE EQUIVALENTE DA' IL LAVORO DI DEFORMAZIONE

$$\epsilon_{eq} = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_2)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_3 - \epsilon_1)^2}$$

STUDIO DELLE TENSIONI

TENSIONE PIANO

$$\sigma_2 = 0$$



TRESCA

$$\sigma_1 - \sigma_3 = Y$$

VON MISES

$$(\sigma_1 - \cancel{\sigma_2})^2 + (\cancel{\sigma_2} - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2Y^2$$



$$2\sigma_1^2 - 2\sigma_1\sigma_3 + 2\sigma_3^2 = 2Y^2$$



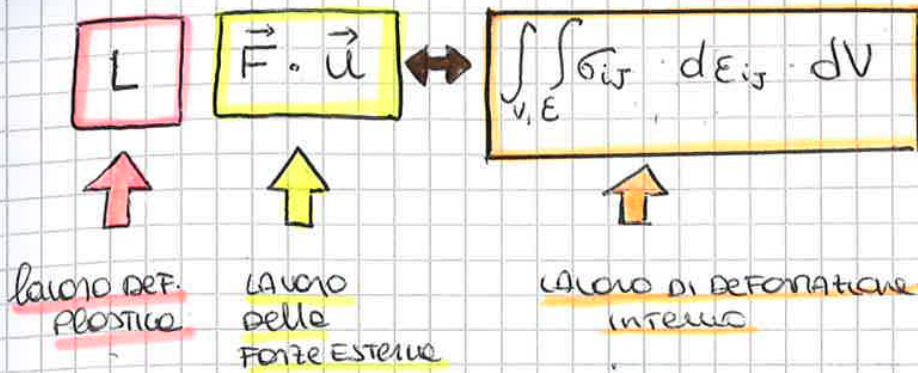
$$Y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_3$$

5x

LAVORO DI DEFORMAZIONE PLASTICA

LEZIONE

9/4/2015



LAVORO VOLUMICO CON STATO TENSIONALE UNIFORME

$$\frac{L}{V} = \int_0^{\epsilon_{pin}} \sigma_{eq} \cdot d\epsilon_{eq}$$

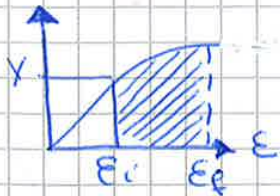
tutti i passaggi

LAVORO DI DEFORMAZIONE UNIFORME (LEGGE COSTITUTIVA ESPONENZIALE)

$$L = V \cdot \int_0^{\epsilon_{pin}} C \epsilon^n \cdot d\epsilon = V \cdot C \frac{\epsilon_{pin}^{n+1}}{n+1}$$

costante della legge esponenziale

CURVA TENSIONE DEFORMAZIONE



calcolo del lavoro di deformazione plastica

$$\frac{L}{V} = \int_{\epsilon_i}^{\epsilon_f} C \epsilon^n \cdot d\epsilon = C \frac{\epsilon^{n+1}}{n+1} \Big|_{\epsilon_i}^{\epsilon_f}$$

$$\bar{\sigma} \text{ (MEDIO)} = \frac{1}{(\epsilon_f - \epsilon_i)} \cdot \frac{C}{n+1} \left[\epsilon_f^{n+1} - \epsilon_i^{n+1} \right]$$

Devo fare la stessa cosa diviso questo, ovvero diviso l'intervallo d'integrazione

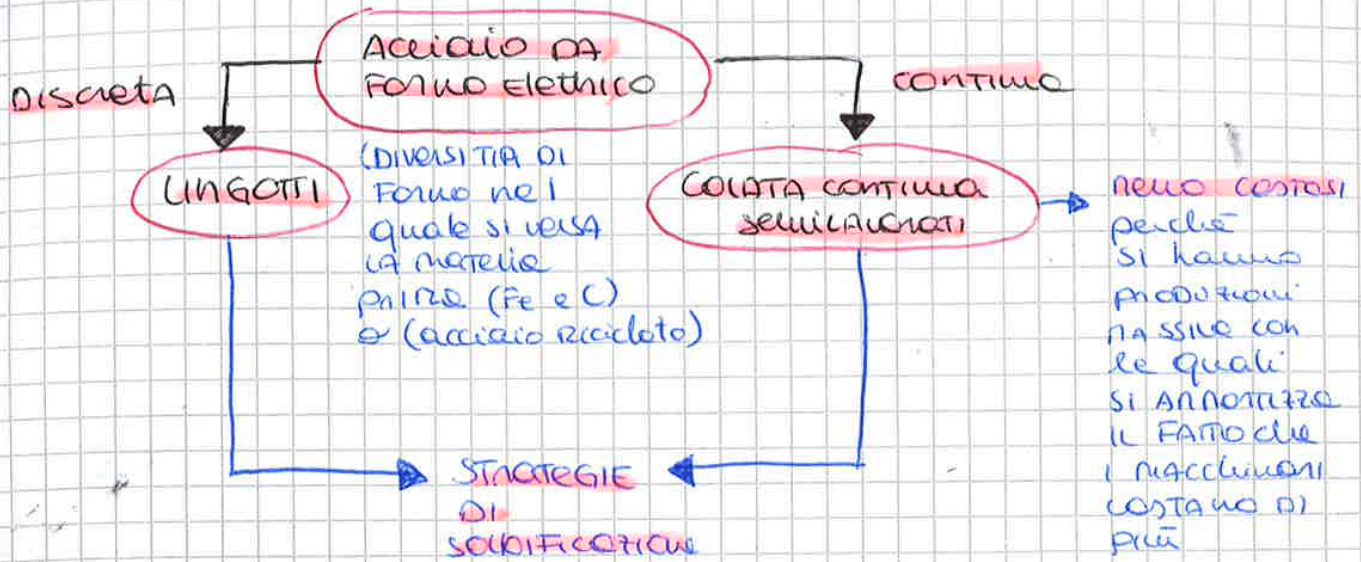
da cui: $\frac{L}{V} = \bar{\sigma} (\epsilon_f - \epsilon_i)$

In alcuni casi è più comodo scrivere così:

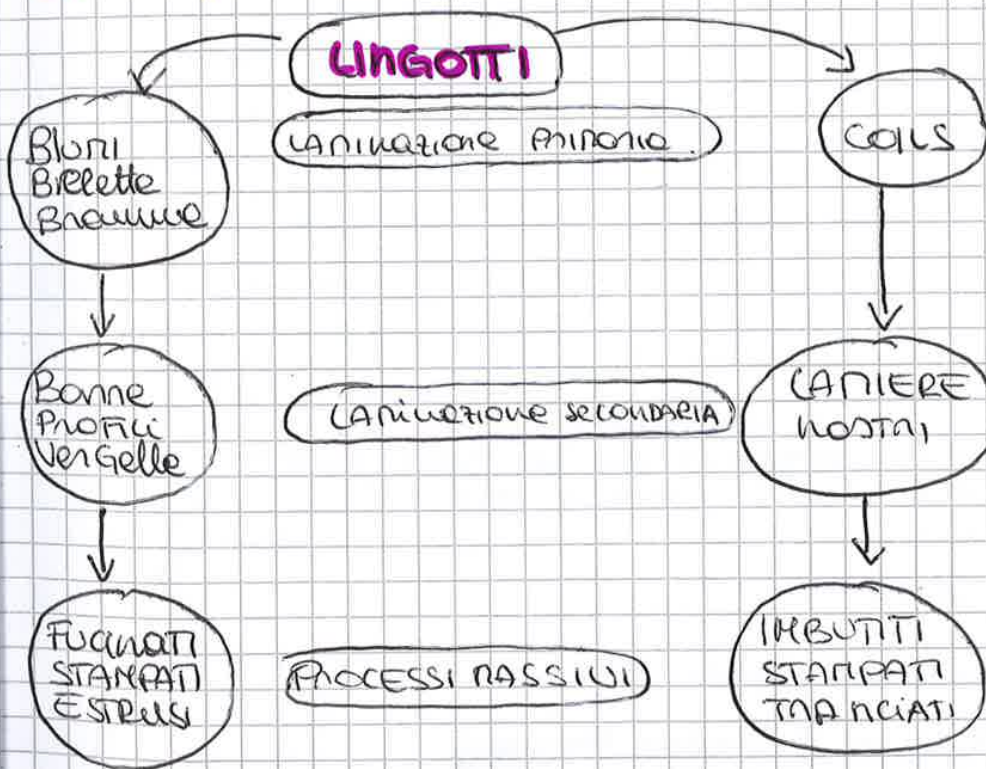
$$\bar{\sigma} = \frac{1}{\epsilon_{pin}} \int_0^{\epsilon_{pin}} \sigma_{eq} \cdot d\epsilon_{eq} \rightarrow \text{LEGGE ESPONENZIALE: } \bar{\sigma} = C \cdot \frac{\epsilon_{pin}^n}{n+1}$$

▼ TENSIONE MEDIA ▼

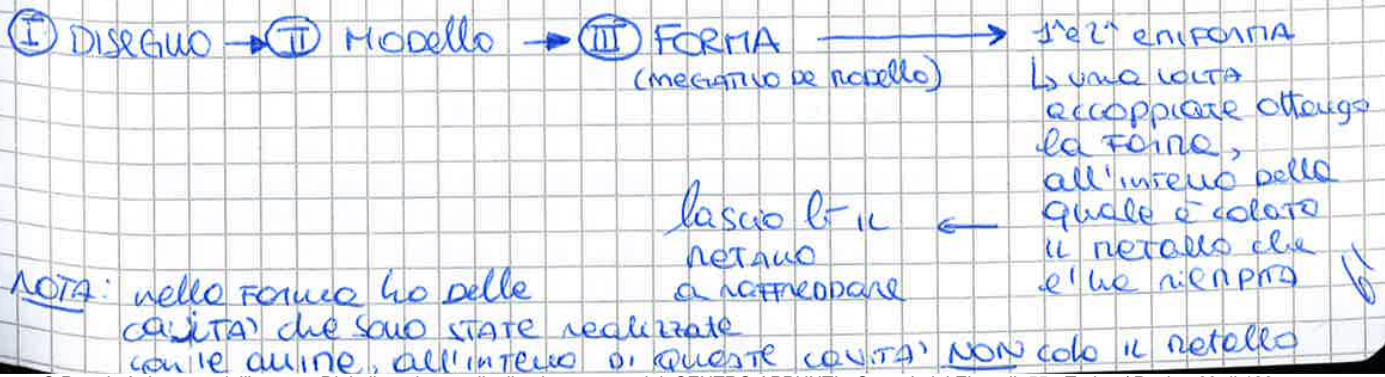
PRODUZIONE ACCIAIO



CICLO PRODUZIONE ACCIAIO ✓



PROCESSO



FORNA:

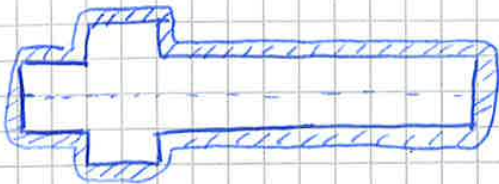
- Forma transitoria (utilizzabile in 1 sola colata) → se l'oggetto è il prototipo
- Forme permanenti (a conchiglie) → se produzione massiva
realizzazione rapido + costosa ma
formazione più rapida

MODELLO

- LEGHE DURI E SCANSAMENTE IGROSCOPICI
- LEGHE RETALI che in bronzo, LEGHE LEGGERE, ALISE, ACCIAI
- MATERIE PLASTICHE

ANIMA

GREGGIO DI FUSIONE

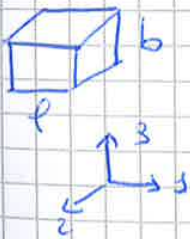


RENTE A MACHINÉ ⇒ Sottometallo
↳ è la cosa che lo distingue dal pezzo finito



DIMOSTRAZIONE

LEZIONE 15 / ESERCITAZIONE



Dimostrare che il principio di conservazione del volume equivale a:

10/11/2015

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 0$$

$$V = l \cdot w \cdot b$$

$$V_0 = l_0 \cdot w_0 \cdot b_0$$

$$V = V_0 \Leftrightarrow lwb = l_0w_0b_0$$

$$\frac{l}{l_0} \cdot \frac{w}{w_0} \cdot \frac{b}{b_0} = 1$$

$$\ln\left(\frac{l}{l_0} \cdot \frac{w}{w_0} \cdot \frac{b}{b_0}\right) = 0$$

$$\ln\left(\frac{l}{l_0}\right) + \ln\left(\frac{w}{w_0}\right) + \ln\left(\frac{b}{b_0}\right) = 0$$

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 = 0$$

c.v.d

ESERCIZIO 1 (FINE LIBRO A7.1)

Da una matrice di materiale si ottengono come dati di rottura $\epsilon = 125\%$ e $\sigma = 2063 \text{ MPa}$

Si trovano in tali condizioni: (con VAN HISES)

- ① σ_1
- ② $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$
- ③ $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$

63

ESERCIZIO 3 (FINE LIBRO A7.3)

Si applichi Tresca e Von Mises alla trazione, alla compressione, alla tensione piano e alla deformazione piano.

① TRAZIONE

STATO DI TENSIONE UNIASSIALE POSITIVO

$$\sigma_2 = \sigma_3 = 0 \quad \sigma_1 > 0$$

- TRESCA $\sigma_{max} - \sigma_{min} = Y \Rightarrow \sigma_1 - \sigma_3 = Y \Rightarrow \sigma_1 = Y$

- VON MISES $2Y^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_1^2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \sigma_1 = \pm Y$

→ Danno risultati uguali a meno del segno

② COMPRESSIONE DI TENSIONE

STATO UNIASSIALE MA NEGATIVO

$$\sigma_1 = \sigma_2 = 0, \quad \sigma_3 < 0$$

- TRESCA $\sigma_{max} - \sigma_{min} = Y \Rightarrow \sigma_3 = -Y$

- VON MISES $2Y^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow 2Y^2 = 2\sigma_3^2 \Rightarrow \sigma_3 = \pm Y$

→ Anche in tal caso danno lo stesso risultato a meno del segno.

③ TENSIONE PIANO

Esistono solo 2 tensioni principali, mentre la 3^a è nulla. Si possono individuare 2 casi se si considerano alternati nulla σ_2 e σ_3

• CASO 1: $\sigma_2 > 0, \sigma_3 = 0$

- Tresca: $\sigma_{max} - \sigma_{min} = Y \Rightarrow \sigma_1 - \sigma_3 = Y \Rightarrow \sigma_1 = Y$

- Von Mises: $(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 +$
 $+ (\sigma_2)^2 + (\sigma_1)^2 = 2\sigma_1^2 + 2\sigma_2^2 - 2\sigma_1\sigma_2$
 $\Rightarrow Y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2$

1. SOTTOSQUAMI

→ se è presente un nodello difficilmente estraibile

Soluzione:

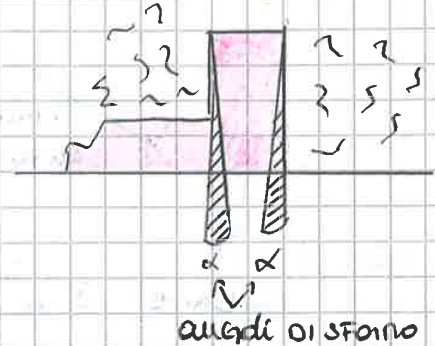
- Modifiche in fase di progettazione
- Applicazione di tasselli rinovibili separatamente
- Utilizzo di nodelli scomponibili

2. ANGOLI DI SFORZO

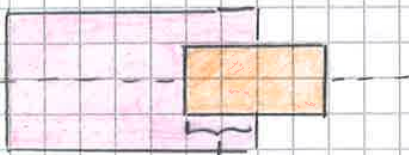


Si possono essere altri significati, in lungo le pareti, durante l'estrazione che possono portare a danneggiamento

Gli angoli di sforzo sono LA SOLUZIONE!



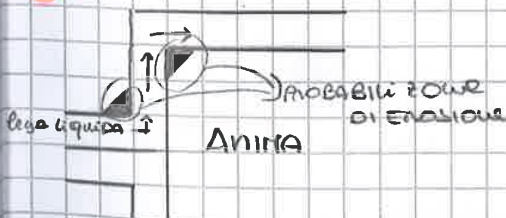
3. PORTATE D'ANIMA



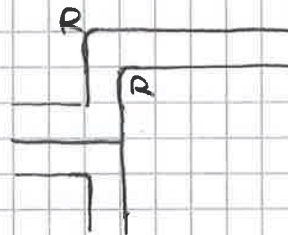
l = lunghezza portata d'anima

Si fanno degli alloggiamenti dove entrano per l'anima

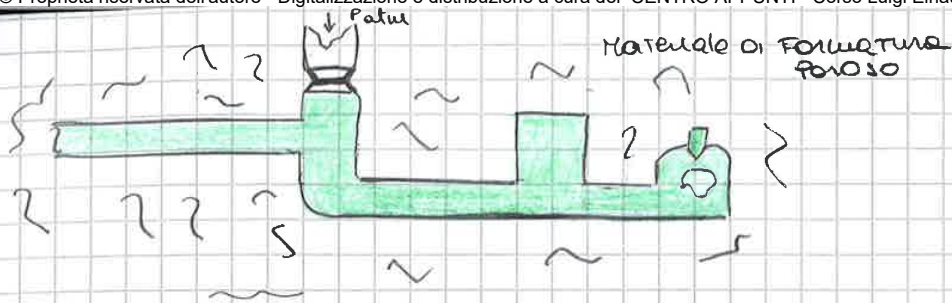
4. RACCORDI



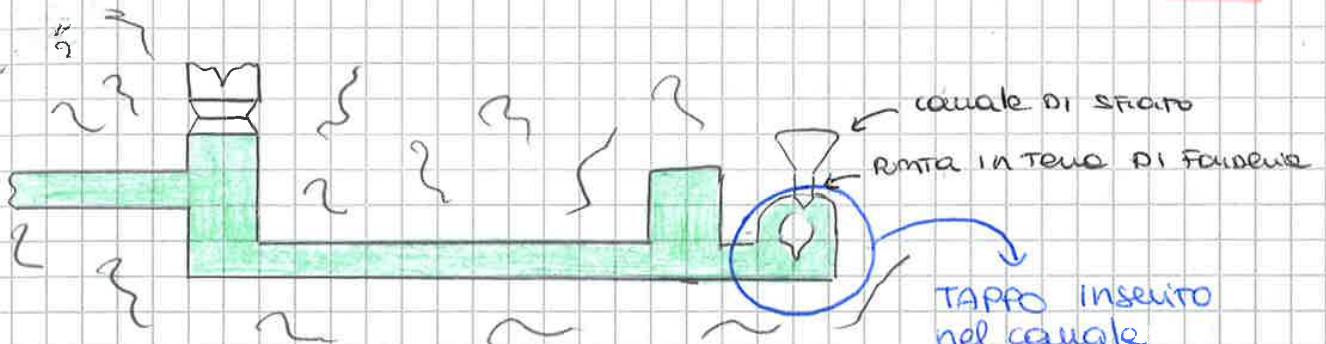
Soluzione: RACCORDI (R) GSTONDATI



Quando la LEGA PASSA PUNTO? portare a usura gli spigoli
 ↳ evitare la loro presenza



Cieche ← TOTALMENTE IMMERSI NELLA FANNA
 RIMA IN TELA DI FANNA RALLENTA LA SOLIDIFICAZIONE DELLA ZONA
 la cAVITA' DI RITIRO DEVE ESSERE IN CONTATTO CON PATTINA



Removibile ai gas na non al metallo liquido (acciaio - GAS PASSO, metallo no) ← SERVE DA SFIATO ← TAPPO INSEUITO nel canale che lo collega con l'ESTERNO

FORME DI MATEZZO

- Sfere → ottinale
- sezione quadrata
- sezione rettangolare
- cilindrica
- Forma mista (cilindrica - sfera)

→ quando viene progettato la materotta, si deve stare attenti che sia l'ultima a solidificare, perciò, poiché la sfera a rima di 1/4 ha una superficie <, è la migliore.

→ la porta nella parte che solidificherà dopo, per fare ciò dobbiamo conoscere la solidificazione - DIREZIONALE

DESCRIZIONE PROCESSO

1. Disegno pezzo
2. costruzione modello → sulle basi del disegno
3. RIEMPIMENTO 1° STAFFA → viene inserito il semi modello
4. Pigiatura 1° STAFFA → TELA DI FORMATTURE COMPATTATA con il pugno
5. CAPOLAVIMENTO 1° STAFFA
6. PISA 2° STAFFA
7. RIEMPIMENTO 2° STAFFA
8. DISTAFFATURA
9. ESTRAZIONE MODELLO
10. Preparazione Avine
11. Sistemazione //
12. COLATA metallo fuso
13. ESTRAZIONE getto

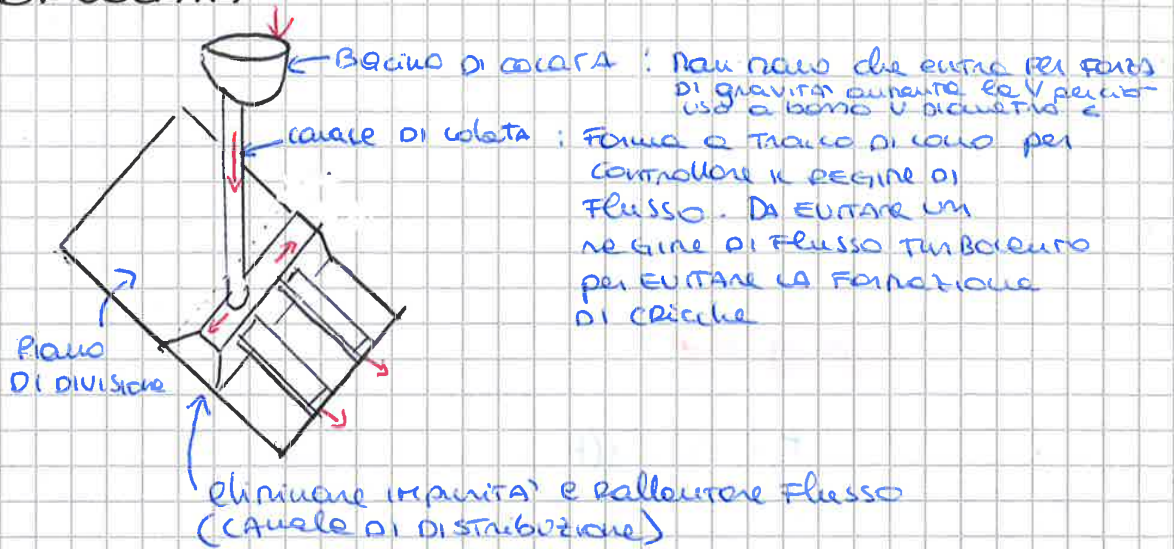
REGOLA DI CHVORINOV

MISURA IL TEMPO DI SODIDIFICAZIONE DI 1 GETTO semplice

$$t \propto \left(\frac{V}{S}\right) \left(\frac{M}{k}\right)^2 \quad M^2 = \left(\frac{V}{S}\right)^2$$

~~$t \propto M^2$~~

SISTEMA DI COLATA



MODELLO TEORICO DELLA COLATA

Teorema di Bernoulli

$$h + \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} = K$$

h : altezza di colata
 $\frac{P}{\rho g}$: Pressione e densità fluido
 $\frac{V^2}{2g}$: velocità colata
 K : costante funzione del livello di energia del fluido
N.B.

CONTINUITÀ FORNITA

Portata volumica Q [m^3/s]

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad \text{N.B.}$$

Regime di flusso (Numero di Reynolds)

$$Re = \frac{V D \rho}{\eta}$$

V : velocità
 D : diametro sezione canale colata
 ρ : densità
 η : viscosità

aunderando apertura soggetto Re aundera fino ad aundero il flusso turbulento

TEMPO DI COLATA

$$T = 3,2 \sqrt{\frac{M}{g}}$$

massa del getto

Si usa questa legge empirica se non si può stimare diversamente

VELOCITÀ DI COLATA

$$V = \sqrt{2g \cdot H}$$

derivata dall'equazione di Bernoulli avendo il 2° termine nullo

SEZIONE DEL CANALE DI COLATA

$$Q = \frac{V}{T} = S \cdot V$$

volume
UNITÀ DI TEMPO
superficie x velocità

portata (Q) del canale di colata per il completo riempimento del getto nel tempo T

$$S = \frac{Q}{V}$$

FUSIONE IN FORMA TRANSITORIA

LEZIONE 17

16/4/2015

- Rappresenta l'evoluzione della formatura in terra (Molti processi fusioli erano eseguiti con la formatura in terra: si colava il metallo scaldato in terra e lì si faceva raffreddare)

Miscela (SILICE + LEGANTE) = Terra di fondazione

Elementi in comune nel materiale

- SILICE GRANULARE -- ELEMENTO REFRACTORIO
- LEGANTE -- GARANTISCE COESIONE DELLE FORME
- ADDITIVI -- COMEGGIANO le caratteristiche del materiale da fondere
↳ Per migliorare le proprietà della forma

Caratteristiche dei materiali:

REFRATTARIETÀ Resistenza alla temperatura nella fase fusa senza fusione della forma

COESIONE Resistenza alle forze di compressione e taglio esercitate dal metallo fuso

PERMEABILITÀ Possibilità di farsi attraversare dai gas durante l'insierge di soffiatura

SCONEVOLTEZZA FACILITÀ DI RIEMPIRE la forma attorno al nocello

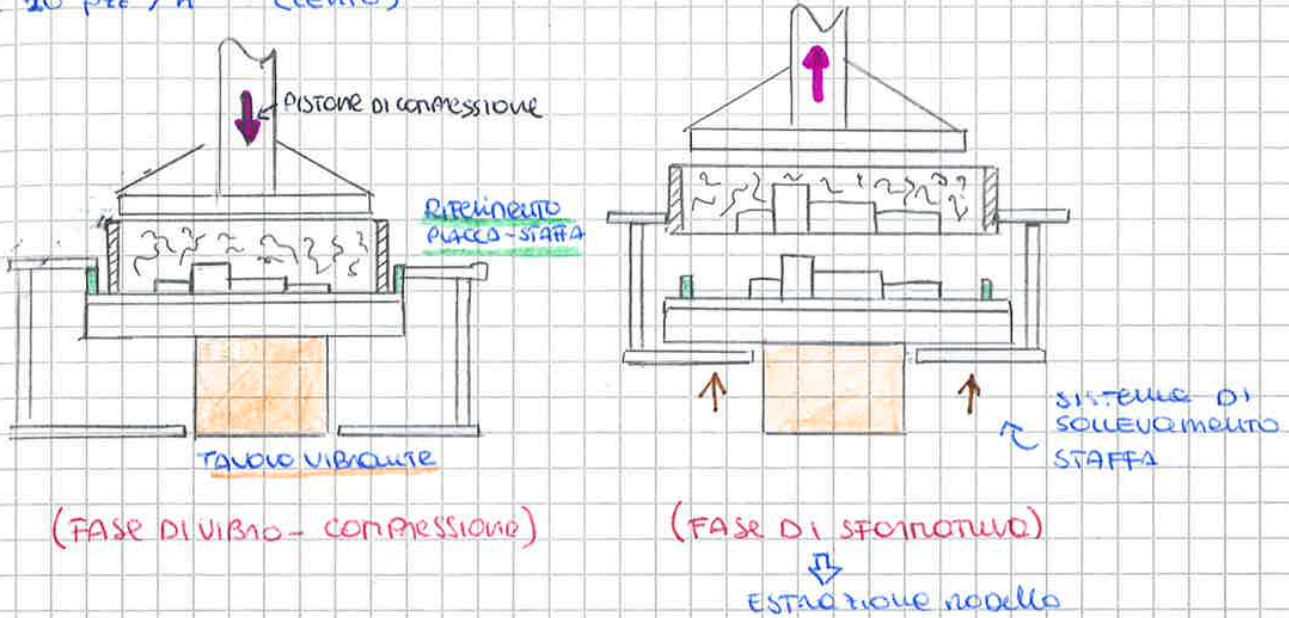
SGRETOLABILITÀ Possibilità di rompere la forma per estrarre il getto

23

Caratteristiche Principali

- **IMPIEGATA** nelle fornaci di metalli ferrosi e non
- **Grandezza** del getto e **dimensione** delle staffe
- **Precisione dimensionale e finitura superficiale** scarse

Il processo di indurimento meccanico viene eseguito con una struttura che consente di realizzare getti di nose che arrivano fino a 100 Kg, ca 20 pz/h (lento)



INDURIMENTO CHIMICO

→ **REAZIONI chimiche** per ottenere l'indurimento delle forme

PROCEDIMENTI:

PROCESSO A CO₂

- legante **SILICATO DI SODIO**
- indurente **anidride carbonica gassosa**
- ADDITIVI: **resine ureiche e fenoliche**

PROCEDIMENTO:

- **PASSAGGIO** di 1 corrente di CO₂ nella massa di materiale di formatura all'interno della forma o della cassa dell'arena
- **PROCESSO** impiegato per **leghe ferrose e non**
- **Precisione e finitura superficiale** migliori
- **Operazioni** automatizzabili in serie

PROCESSO SABBIA-CEMENTO

- legante: **CEMENTO E ACQUA**
- indurimento per **formazione di prodotti a idratazione cristallina**

PROCEDIMENTO:

- Buona** con **AVVOLGIBILITÀ** termica della miscela tale da garantire il **Grande** **Fluo** del getto

- **Sistema** semplice e economico
- **Adatto** a **getti ferrosi** di **grandi dimensioni**
- **Precisione e finitura superficiale** scarse
- **Velocità** di esecuzione **per le forme e i core**

- SOLTAMENTE CERAMICHE
- + RARAMENTE PLASTICHE o POLIMERICHE

può essere:

- A MISCELA REFRAITTARIA
- AD IMMERSIONE IN AEROSOLIO CERAMICO

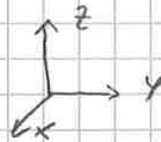
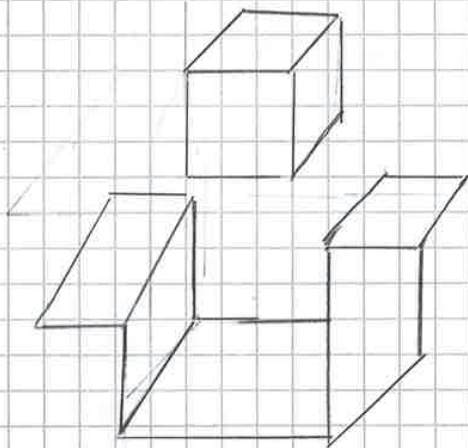
Caratteristiche

- Coate con qualunque tipo di lega
- Doppio costo della ceram. e della lega
- Ideale per getti piccoli
- Finitura superficiale Buona
- Procedimento adatto per piccole e medie serie

ESERCIZIO (Vedi libro A74)

LEZIONE 18/
ESERCITAZIONE

Si vuole comprimere un corpo di forma cubica di lato $l = 100 \text{ mm}$ dentro lo stampo, in modo da portare $17/4 \text{ kN}$ l'altezza $h = 50 \text{ mm}$. Il corpo è stato rigido plastico con tensione di snervamento $\sigma_s = 200 \text{ MPa}$ e viene deformato in condizioni di attrito nullo. Calcolare forza di compressione.



la forma dello stampo è tale da costringere il corpo a deformarsi solo nelle 2 direzioni x e z

◦ Calcolo delle dimensioni del pezzo:

per la conservazione del volume

$$l_1 l_2 l_3 = \frac{l_1 l_2 l_3}{l_2 l_3} = \frac{l_1 l_3}{l_2} = 100 \text{ mm}$$

◦ Calcolo tensione in direzione 3:

per Von Mises: $\epsilon_y = 0$ def. lungo $y = 0 \Rightarrow \epsilon_y = 0$

$$2\gamma^2 = (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 \quad \sigma_y = \frac{1}{2}(\sigma_x - \sigma_z)$$

$$2\gamma^2 = (\sigma_x - \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_z))^2 + (\sigma_x + \sigma_z)^2 + (\frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_z) - \sigma_z)^2$$

7

Esercizio DI MASSIMA DIFFICOLTÀ

Materiale polimerico soggetto ad 1 STATO miscelare 3D.

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix} MPa$$

Conosco $\gamma = SMPa$ Il materiale si sta snervando ?

DEVO farla diventare una matrice diagonale

$$\det(A - \lambda I) = 0$$

$$A - \lambda I = \begin{pmatrix} 2-\lambda & 1 & 0 \\ 1 & 3-\lambda & 1 \\ 0 & 1 & 2-\lambda \end{pmatrix}$$

$$\det(A - \lambda I) = (2-\lambda)[(3-\lambda)(2-\lambda) - 1] - 1 \cdot (2-\lambda) + 0 = 0$$

$$(2-\lambda)((3-\lambda)(2-\lambda) - 1 - 1) = 0 \quad \lambda = 2 \quad \checkmark \quad \lambda^2 - 5\lambda + 4 = 0$$

$$\frac{5 \pm \sqrt{25 - 16}}{2} \begin{matrix} \swarrow 4 \\ \searrow 1 \end{matrix}$$

da cui $\lambda_1 = 2 \quad \lambda_2 = 4 \quad \lambda_3 = 1$

calcolo gli autovettori

$$\lambda_1 = 2 \quad (A - \lambda I) w = 0$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} x + y + z = 0 \\ y = 0 \\ z = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} x + z = 0 \\ y = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} x = a \\ y = 0 \\ z = -a \end{cases}$$

$$w_1 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}}, 0, -\frac{1}{\sqrt{2}} \right) \quad v = (1, 0, -1) \quad w_2 = \frac{v_2}{\|v_2\|}$$

Poi calcoliamo $w_2 = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}, \frac{1}{\sqrt{3}}, -\frac{1}{\sqrt{3}} \right)$

$$w_3 = \left(\frac{1/2}{\sqrt{3/2}}, \frac{1/2}{\sqrt{3/2}}, \frac{1/2}{\sqrt{3/2}} \right) \quad A \rightarrow D \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

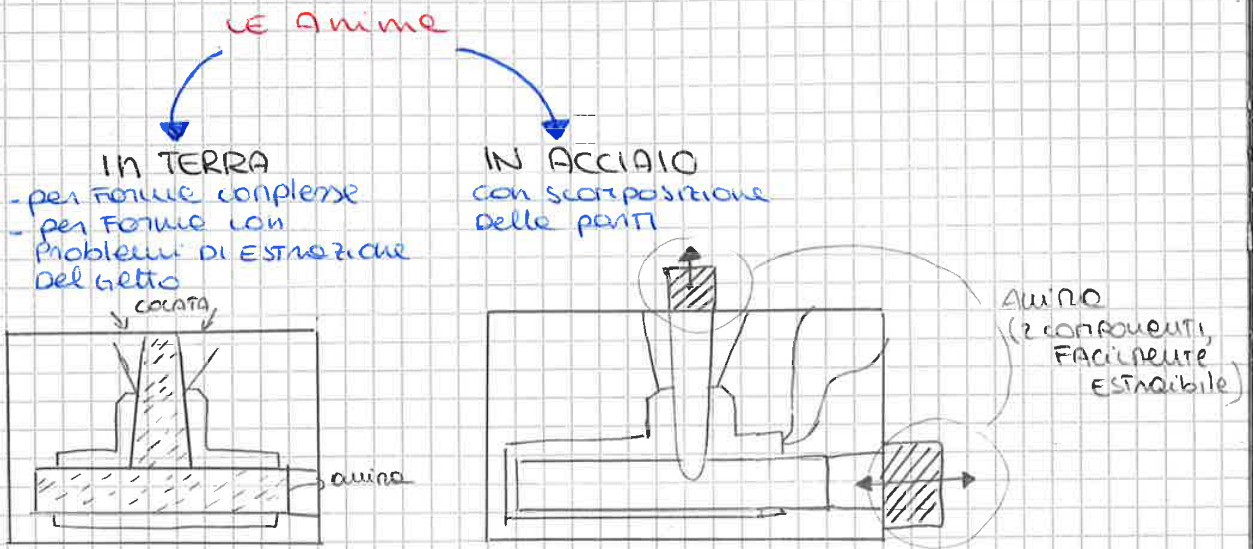
Applico von mises e calcolo tensione equivalente

σ

METODI DI RIEMPIMENTO DELLA CONCHIGLIA

- Per gravità
- Sotto pressione

Colata in conchiglia per gravità



Da cosa si pensa la qualità dei getti.

- lubrificazione parti in movimento
 - verniciature superficiali interne
- } Per proteggere le conchiglie e per favorire lo scorrimento del metallo liquido (rigione riempimento)
- controllo trasferimento calore nelle notturne
 - controllo scorrimento lega
 - miglioramento finitura superficiale e del distacco delle conchiglie
 - Apertura vita conchiglie
- Temperatura della conchiglia (non troppo bassa per evitare bloccaggio)
 - Canalizzazioni di colata (per il cavetto riempimento della conc.)
 - Patecchie presenti: evitano il fenomeno di cavitazione di ritiro che sarebbe il difetto.

Temperatura ottima di colata

ESIGENZE : - evitare ritiro eccessivo del getto
 - ottenere buona fluidità tale da non provocare riempimento incompleto

NON TROPPO ALTA → RETIRO ECCESSIVO

NON TROPPO BASSA → BLOCCAGGIO

Progettazione sistema di colata

- o cercare di ridurre al minimo le turbolenze → sfrutta n° di Reynolds
- o Allineare il getto senza spruzzi di colata all'interno della conchiglia
- o Rosolamento delle conchiglie ← Elimina intrappolamenti
 Assicura riempimento più facile

Pressa a canelo calda

- d'alimentazione del metallo fuso e integrate nelle macchine
- Il crogiolo di contenimento del bagno fuso e' posto all'interno del sistema di lavorazione con il secondo crogiolo di attesa
- I 2 crogioli riscalgono in temperatura tramite bruciatori a gas
- 1000 pz/h ca. (max)
- leghe Zn-Mg
- NO leghe alluminio a causa della dispersione del fuso

LA FORMATURA DEI POUERI

Possibile solo per 2 delle 3 categorie di poueri:

Elastomeri → Gonne (comportamento elastico) **NO**

Termoplastici **SI**

Termoindurenti **SI**

Caratteristiche peculiari

SCORRIMENTO POSSIBILE nei materiali termoplastici, più raro in quelli termoindurenti.

Temperatura di RANNOCCIMENTO (o tras. vetrosa) **determina il grado di plasticità dei poueri**

Temperatura di FUSIONE > a quella di RANNOCCIMENTO

STABILITÀ TERMICA **SOLLECITAZIONI meccaniche Scatenano ulteriori GRADIENTI termici**

Materie prime

Materiali termoplastici - **conservano caratteristiche di scorrimento durante il riscaldamento**

- > STAMPABILITÀ

- + FACILMENTE lavorabili

Materiali termoindurenti - **viscosità troppo elevata per poter riempire le cavità dello stampo per semplice gravità**

- uso dispositivi ad azione pneumatica

- **lavorabili solo con tecniche simili a pressofusione**

Poueri e Granuli

- Granuli cubici

- Granuli cilindrici

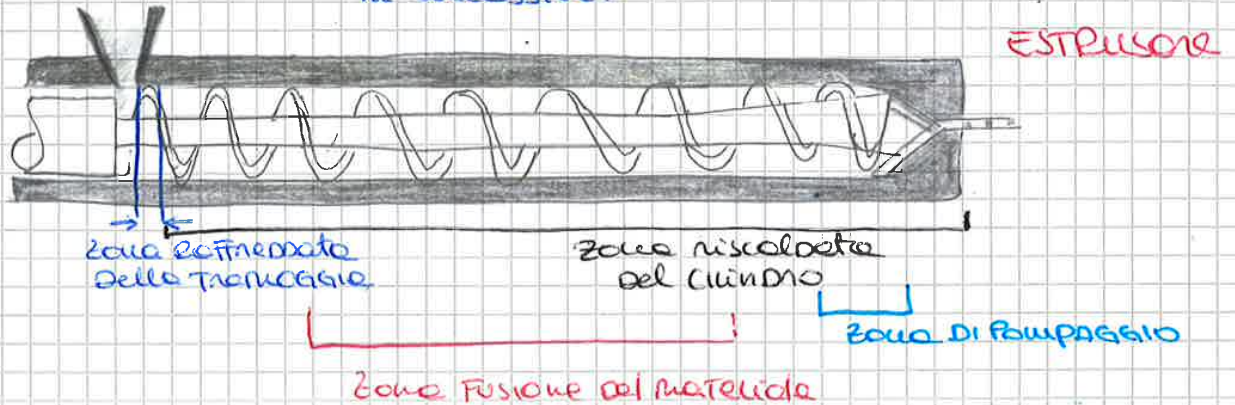
- Poueri di granulometria fine

GENERALITÀ → IL SISTEMA A VITE CONSENTE IL FUNZIONAMENTO DEL DISPOSITIVO DI ESTRUSIONE CON 1 NATALICE IN SOSTITUZIONE DELLO STAMPO

TIPLOGIE DI ESTRUSIONE

ESTRUSIONE CONTINUA Produzione di Tubi, barre, fogli, profili, fili sottili e fili elettrici

ESTRUSIONE DI PEZZI SINGOLI Produzione di forme grette per lavorazione successive.



≠ DA PRIMO, NO STAMPO, MA FORMA DATA DALLE FORME DELLA NATALICE

RAFFREDDAMENTO DEL PEZZO

- In uscita dalla matrice il pezzo estremo è raffreddato al di sotto della temperatura di transizione vetrosa (T_g)
- Raffreddamento in olio o in acqua
- Fine processo: la velocità di raffreddamento per evitare l'insorgere di distorsioni e criccate

TERMOFORMATURA

- Riscaldamento superficiale per calandatura (risc. mediante rulli)
- Fissaggio perimetrale allo stampo
- Adesione alla superficie interna dello stampo

MODALITÀ DI TERMOFORMATURA

- o Sottovuoto
- o In pressione (Trazione non dall'interno ma con pressione dall'alto al basso)
- o Tra stampi accoppiati

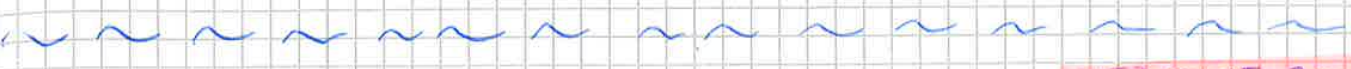
CARATTERISTICHE PROCESSO

- o Dimensioni pezzi notevoli
- o TEMPI ciclo elevati Riscaldamento + stampaggio + raffreddamento
- o Materiali usati di poco pregio
- o Produzione cassette forme semplice Bicchieri monouso, coperte, cerni...

5

lungo un reticolo cristallino, i loro grani si muovono sui bordi, perciò le difettosità si creano sui bordi (FIBRE)

- Inclinamento statico e dinamico → aumento resistenza in seguito a lavorazione
- Chiusura cavità interne



LEZIONE 20

23/4/2015

ANISOTROPIA

- La deformazione plastica allunga il grano in 1 sola direzione → lo comprime nelle 2^e direzioni
- La resistenza meccanica dipende dalle direzioni
- Il materiale è detto anisotropo
- Anche le proprietà fisiche vengono cambiate

DUE TIPI DI ANISOTROPIA:

CRISTALLOGRAFICA: i piani di scorrimento tendono ad allinearsi con i piani di deformazione

ORIENTAZIONE DELLE FIBRE: zone di materiale in cui le fibre si dispongono orizzontalmente e sembra che ci siano dei piani. Dopo la deformazione plastica i grani si allungano e tendono a seguire la direzione di deformazione

RICRISTALLIZZAZIONE

- Formazione di una nuova struttura cristallina senza tensioni residue
- Temperature elevate
- Tempo diminuisce al crescere della temperatura
- Ricristallizzazione statica e dinamica
- Più il materiale è stato deformato più, diventa piccolo il grano con la ricristallizzazione
- L'anisotropia rimane dopo la ricristallizzazione

NB. LO CHIEDE

LAVORO DI DEFORMAZIONE

Il lavoro generato durante il processo di deformazione può essere scomposto in:

- LAVORO DI DEFORMAZIONE UNIFORME
- LAVORO RIDONDANTE
- LAVORO D'ATTITO

$d = \int \sigma d\epsilon$ se σ supera la legge di Hollomon

$L = L_{unif} + L_{rid} + L_{att}$
 $L_{unif} = \bar{\sigma} \cdot \epsilon \cdot V$

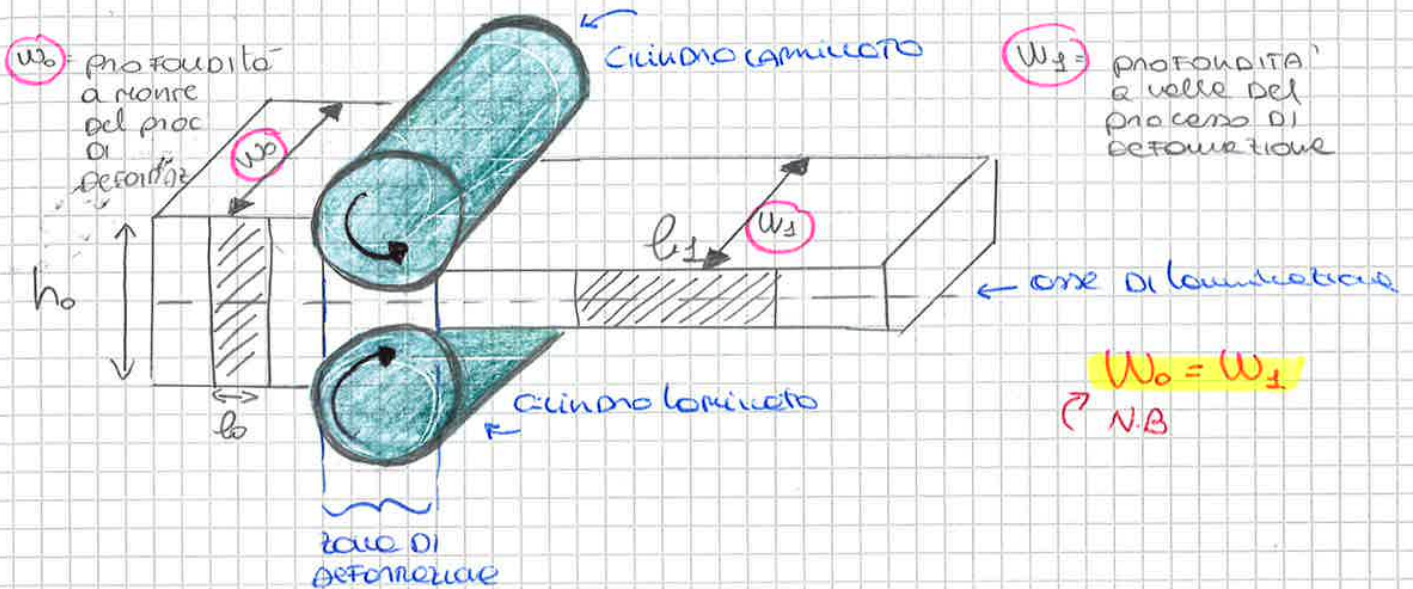
COEFF eta = $\frac{L_{att} REALE}{L_{unif} IDEALE}$
 ↳ compreso tra 0 e 1

PROCESSO DI LAMINAZIONE

GENERALITÀ

- Processo continuo
- elevata produttività e precisione
- A caldo o A freddo
- riduce sezione trasversale del materiale
- Rotazione cilindri garantisce flusso di materiale nel processo

nota bene: il materiale non è spinto da forze esterne, tende a passare tra i rulli grazie alla loro rotazione e attrito all'interno tra rullo e lamiera



- Produzione di elevati volumi di semilavorati
- Produzione di laminati finiti

TIPOLOGIE DI LAMINAZIONE

Laminazione a caldo:

VANTAGGIO: grandi deformazioni con tensioni modeste

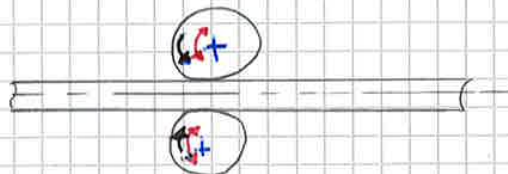
Svantaggi: - Facilmente attaccabili da ossidi, dopo si fa il decapaggio per eliminare i residui chimici
- qualità superficiale modesta

(lingotto → semilavorato a caldo)

Laminazione a freddo:

VANTAGGIO: - Buone finiture superficiali del prodotto

Svantaggi: - Limiti sulle deformazioni applicabile
- " sulle dimensioni del materiale di partenza



Laminazione a due rulli semplice
Laminazione a due rulli
↳ Rullanti in direzione
velocità processo

$$Q = V_e \cdot S_1 = \frac{V}{T}$$

$$M = V \cdot \rho \rightarrow V = \frac{M}{\rho}$$

$$S_1 = \frac{M}{\rho \cdot T} = \frac{50}{7,2 \cdot 15} =$$

Volume
Velocità lineare

= 0,0165 dm²

se la sez. circolare πR^2 area, a cons. diametro: $d = 0,145$ dm
 $d = 14,5$ cm

Esercizio B2.2

Si deve dimensionare la consaffona necessaria per la fabbricazione di un getto di ghisa cilindrico, con foro passante. Sono dati i diametri interno Φ_i e esterno Φ_e , la lunghezza L del getto, l'altezza del colata Δh e tempo riempimento T

$\Phi_i = 50$ mm

$\Phi_e = 100$ mm

$L = 400$ mm

$\Delta h = 300$ mm

$\rho_{\text{aria}} = 2,8$ Kg/dm³

$\rho_{\text{ghisa}} = 7,2$ Kg/dm³

$T = 10$ s

Calcolo spinta metallostatica sull'aria

$F_A = g \cdot (L \cdot S) (\rho_e - \rho_s)$

$F_A = 9,81 \cdot \underbrace{400 \cdot S}_{V} (2,8 - 7,2)$

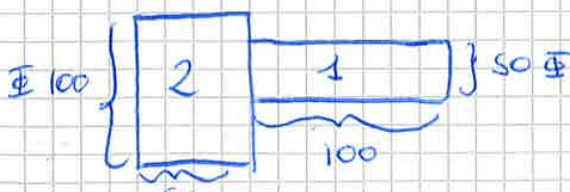
Volume aria: $V_a = S_i \cdot L = \frac{\pi d_i^2}{4} \cdot L = \frac{50^2 \cdot 400 \cdot \pi}{4} =$
 $= 785398$ mm³ = 0,79 dm³

$F_A = 0,79 \text{ dm}^3 (7,2 - 2,8) \cdot 9,81 = 33,9$ N
 [Kg/dm³] [m/s²]



Esercizio B2.4

Dimensionare e posizionare la materotta sopra il canale di colata e 150 mm

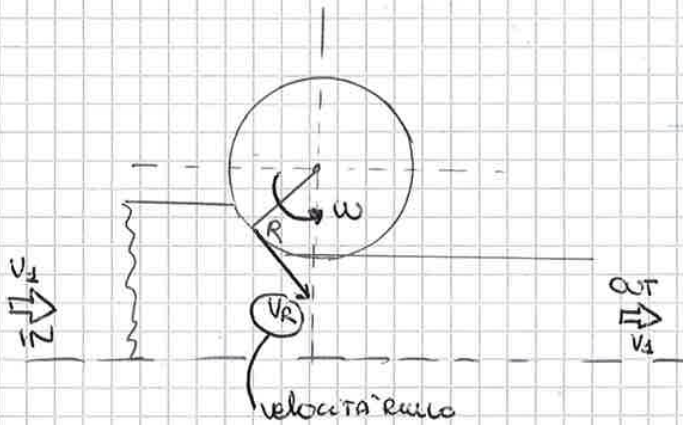


$A_{\text{base 1}} = 25 \times 25 \cdot \pi = 1962,5$ mm²
 $A_{\text{base 2}} = 50 \times 50 \cdot \pi = 7850$ mm²
 $V_1 = 1962,5 \cdot 100 = 196250$ mm³
 $V_2 = 7850 \cdot 150 = 1177500$ mm³

LA VELOCITA' DEL MATERIALE

Per la costanza del volume si ottiene una proporzionalità tra velocità in ingresso e in uscita

$$V_0 h_0 w = v_1 h_1 w \quad \rightarrow \quad \frac{v_1}{V_0} = \frac{h_0}{h_1}$$



$V_R > V_0$ il rullo all'inizio del processo strita sul materiale

$V_R < v_1$ all'uscita!

LA PRECESSIONE

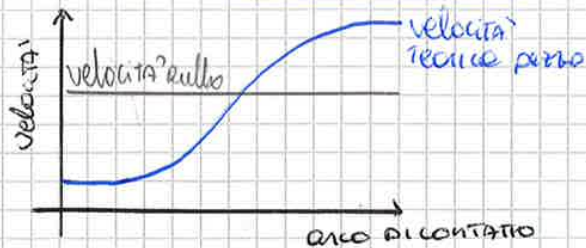
$$P_R = \frac{v_1}{V_R}$$

TANTO \rightarrow ϵ , TANTO \rightarrow ϵ lo slittamento

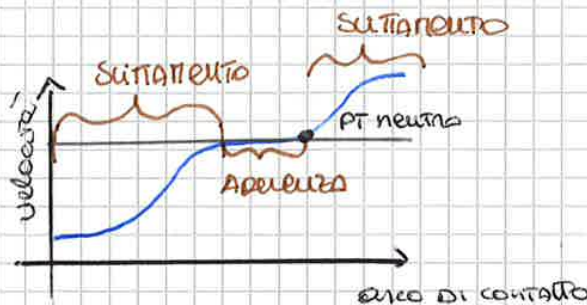
COEFFICIENTE DI SLITTAMENTO DEL RULLO SUL MATERIALE

CONSEGUENZE

- Velocità materiale aumenta progressivamente dall'inizio alla fine
- velocità precessione dei cilindri locomotori è costante



TEORICO



REALE

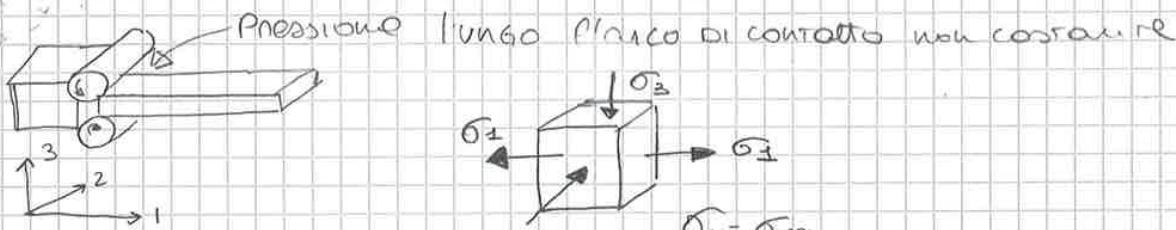
MAX RIDUZIONE dello SPESORE AMMISSIBILE

$$\mu^2 \geq \left(\frac{\sqrt{R^2 \cdot \Delta h}}{R} \right)^2 \leftarrow \mu \geq \tan \alpha \approx \frac{\sqrt{R \cdot \Delta h}}{R}$$

$$\mu^2 \geq \frac{\Delta h}{R} \rightarrow \Delta h < \mu^2 \cdot R$$

ES. se voglio salire su un gradino in Bici > sono le dimensioni in larghezza delle ruote e \rightarrow perciò per avere > deformazione dobbiamo avere ruote di dimensioni >

Dimensionamento Energetico



Pressione lungo l'arco di contatto non costante

pressione medio del rullo sul materiale

Ⓘ se trascuro σ_2 o meno del segno, secondo il criterio di Von Mises per la deformazione piana

$$p_m \approx -\sigma_3 = \frac{2}{\sqrt{3}} \bar{\gamma} \quad \text{IMPORTANTE} \\ \times \\ \text{ESERCIZI}$$

Ⓙ con altro > supponiamo lineare l'andamento della pressione lungo l'arco di contatto

$$p_m = \frac{2}{\sqrt{3}} \bar{\gamma} \left(1 + \frac{1}{2} \mu \frac{L}{hm} \right) \quad \text{IMPORTANTE} \\ \times \\ \text{ESERCIZI}$$

FORZA DI SEPARAZIONE

$$F = p_m \cdot L \cdot w$$

POTENZA APPLICATA

$$C = \cancel{L} \cdot F \Rightarrow C = L \cdot F \Rightarrow C = p_m \cdot L^2 \cdot w \Rightarrow p = C \cdot w$$

\swarrow BUCALO FORZA
 \swarrow FORZA