

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXI.

1914

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1914

Meccanica. — *Esperienze sulla elasticità a trazione del rame.*
Nota III di GUSTAVO COLONNETTI, presentata dal Socio V. VOLTERRA.

Le ricerche sperimentali riferite nelle mie due precedenti Note su questo argomento (1) mettono così chiaramente in evidenza l'analogia, d'altronde ben nota, che passa tra l'isteresi elastica e l'isteresi magnetica, che il lettore non avrà mancato di istituire spontaneamente un parallelo fra il concetto di deformazione permanente e quello di magnetizzazione residua.

Tale parallelo richiederebbe, per essere svolto a fondo, il tracciamento sperimentale di cicli bilaterali (cioè compresi fra limiti di forza di segni contrarii) che le nostre macchine per le prove dei materiali non permettono assolutamente di eseguire. Nei limiti puramente qualitativi che fin dal principio ho imposto alla mia indagine, il fenomeno può però essere approfondito nel modo seguente.

Uno dei soliti fili di rame, il quale, per un lungo periodo di tempo, aveva servito alle più svariate esperienze, rimanendone energicamente incrudito, venne, il 2 febbraio 1914, assoggettato ad un carico variabile gradualmente (in ragione di circa 50 kgr. al minuto primo), alternativamente in senso crescente e decrescente, fra i seguenti limiti:

1200 , 100 , 1000 , 300 , 800 , 500 , 600 kgr.

Un tale trattamento può facilmente concepirsi come risultante dalla sovrapposizione di un primo carico il quale, raggiunti i 600 kgr., si sia mantenuto costante durante tutto il resto dell'esperienza, e di un altro sforzo, che diremo, per intenderci, addizionale, il quale varii fra i seguenti valori:

+ 600 , - 500 , + 400 , - 300 , + 200 , - 100 , 0 kgr.

alternativamente positivi e negativi, e tali che la differenza tra il valore assoluto di uno qualunque di essi ed il valor assoluto del successivo sia una costante positiva.

Il comportamento del materiale si può rilevare così dalla tabella numerica allegata, come dal diagramma disegnato con tratto continuo nella parte sinistra della fig. 1; esso ha questo di interessante, che basta a caratterizzare completamente lo stato in cui il materiale si viene a trovare alla fine di questa prima fase (preparatoria) dell'esperienza, nel senso che le

(1) Presentate, per la pubblicazione in questi Rendiconti, nelle sedute del 1° e del 15 febbraio 1914.

leggi generali, che ho già avuto precedentemente occasione di enunciare (Nota II), bastano da sole a determinare in qual modo il materiale dovrà deformarsi al variare ulteriore del carico applicato. Ed invero, sia che detto carico prenda a crescere, sia che esso prenda a diminuire, debbono man mano chiudersi successivamente tanti cicli quanti durante le operazioni precedenti ne son rimasti di aperti: in altri termini, le due curve di deformazione che si possono descrivere facendo crescere lo sforzo addizionale fino a $+ 600$ kgr., ovvero facendolo decrescere fino a $- 600$ kgr., debbono contenere tutti i

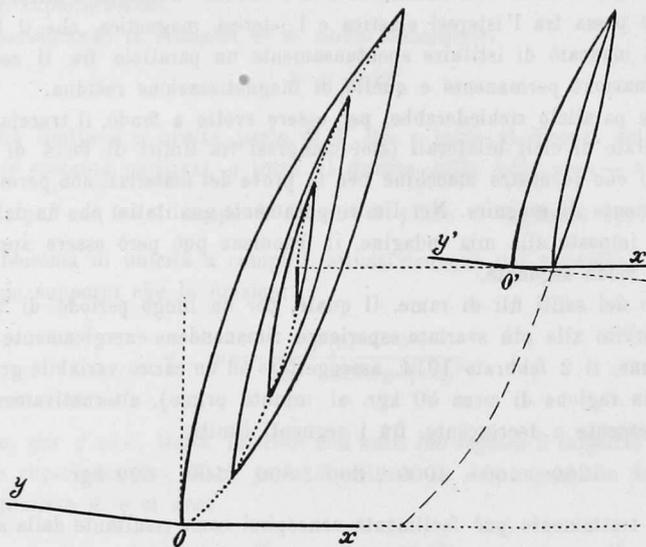


FIG. 1.

successivi punti di regresso corrispondenti rispettivamente ai massimi ovvero ai minimi valori che il carico ha toccati nelle trasformazioni suddescritte, epperò debbono necessariamente presentare l'andamento indicato mediante punteggiate nella figura.

L'esperienza, eseguita nel senso dei carichi crescenti, ha completamente confermato queste previsioni, fornendo valori della deformazione praticamente coincidenti con quelli osservati alla fine delle varie operazioni di carica realizzate durante il periodo preparatorio.

La curva di deformazione che così si ottiene non è più pertanto una delle solite curve limiti di un ciclo chiuso: essa presenta, a fronte di quelle, una curvatura assai più sentita, e ricorda, nel suo andamento generale, quella che abbiamo a suo tempo convenuto di chiamare la curva di prima deformazione. Nè è da credersi che si tratti soltanto di una semplice somiglianza di forma: si riscontra qui un vero e proprio rinnovarsi di quei medesimi

fenomeni che caratterizzano il comportamento del materiale quando esso vien cimentato per la prima volta. Il coppia ottenuto facendo variare lo sforzo addizionale da 600 kgr. a 0 e viceversa (riferito, nella parte destra della figura 1, ai due nuovi assi x' ed y' , la cui origine O' rappresenta lo stesso speciale stato di deformazione in cui il materiale si trovava alla fine della prima fase dell'esperienza), presenta infatti immutate tutte le caratteristiche dei processi di prima deformazione di cui ci siamo occupati nella Nota I, tanto per ciò che concerne l'esistenza delle deformazioni permanenti, quanto

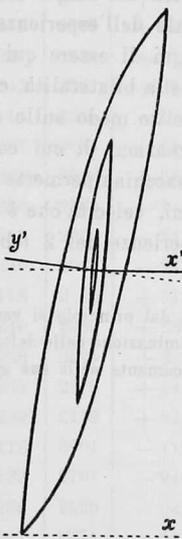


FIG. 2.

per ciò che riguarda l'intervento di quelle speciali modificazioni, nella deformabilità del materiale, che si sono allora denotate col nome generico di incrudimento.

Senonchè questo incrudimento ci si presenta questa volta completamente giustificato dallo specialissimo trattamento a cui il materiale è stato in precedenza assoggettato. Ed è poi facile constatare che la stessa deformazione permanente non è qui altro che una semplice manifestazione dei fenomeni di isteresi: se infatti si attribuiscono al carico addizionale valori negativi, la deformazione (intesa sempre contata a partire dallo stato in cui il materiale si trovava alla fine della fase preparatoria) si annulla ben presto ⁽¹⁾,

(¹) L'intensità della *forza coercitiva* non raggiunge, nel caso concreto, i 10 kgr.

poi diviene a sua volta negativa, raggiungendo una grandezza eguale a quella della massima deformazione positiva precisamente quando il carico addizionale diviene eguale a — 600 kgr. ⁽¹⁾.

Il comportamento del materiale che ha subito la preparazione dianzi descritta, per quanto in sostanza non differisca da quello che si riscontra nei saggi presi allo stato naturale, cessa pertanto di essere un fatto di eccezione, per rientrare nell'ambito delle leggi generali che regolano i processi di deformazione per cicli chiusi.

Alcune esperienze successive mi hanno permesso di riconoscere che la diversa velocità con cui le operazioni sopra descritte potevano venir realizzate, se influiva sull'entità numerica dei singoli risultati, non alterava però menomamente l'andamento generale dell'esperienza. A questo proposito mi sono sembrati particolarmente degni di essere qui ricordati alcuni cicli (fig. 2) presentanti tutti i caratteri della bilateralità, che io ho rilevati il 10 febbraio ultimo scorso operando nel solito modo sullo stesso spezzone, dopo di avergli fatte subire tutte le trasformazioni di cui consta la fase preparatoria con la massima velocità che la macchina permette di realizzare quando si rinuncia ad apprezzare le deformazioni, velocità che è di almeno 100 volte più grande di quella adottata nelle esperienze del 2 febbraio.

⁽¹⁾ Riprendendo l'esperienza dal principio si verrebbe a realizzare, in un caso anche più generale, quel processo di eliminazione delle deformazioni per alternazioni decrescenti che il Cantone utilizzò sistematicamente nelle sue già citate ricerche.

GIORNO	ORA	Sforzo totale Kgr.	SPECCHIO SINISTRO		SPECCHIO DESTRO		Somma delle differenze parziali	Deformazione totale		Incremento della deform. riferito ad 1 kgr. di incremento dello sforzo
			Lecture	Differenze parziali	Lecture	Differenze parziali		(1)	(2)	
...
2 febbraio	9	0	834	—	1893	—	—	0	...	—
"		100	939	+ 105	2021	+ 128	+ 233	233		+ 2.33
"		200	1060	+ 121	2138	+ 117	+ 238	471		+ 2.38
"		400	1299	+ 239	2375	+ 237	+ 476	947		+ 2.38
"		600	1538	+ 239	2618	+ 243	+ 482	1429		+ 2.41
"		800	1779	+ 241	2867	+ 249	+ 490	1919		+ 2.45
"		1000	2025	+ 246	3119	+ 252	+ 498	2417		+ 2.49
"		1200	2272	+ 247	3371	+ 252	+ 499	2916		+ 2.50
"		1100	2154	— 118	3255	— 116	— 234	2682		— 2.34
"		900	1917	— 237	3015	— 240	— 477	2205		— 2.38
"		700	1682	— 235	2772	— 243	— 478	1727		— 2.39
"		500	1444	— 238	2529	— 243	— 481	1216		— 2.41
"		300	1204	— 240	2282	— 247	— 487	759		— 2.43
"		100	955	— 249	2033	— 249	— 498	261		— 2.49
"		200	1073	+ 118	2150	+ 117	+ 235	496		+ 2.35
"		400	1313	+ 240	2386	+ 236	+ 476	972		+ 2.38
"		600	1551	+ 238	2625	+ 239	+ 477	1449		+ 2.39
"		800	1790	+ 239	2870	+ 245	+ 484	1933		+ 2.42
"		1000	2029	+ 239	3119	+ 249	+ 488	2421		+ 2.44
"		900	1911	— 118	3001	— 118	— 236	2185		— 2.36
"		700	1679	— 232	2761	— 240	— 472	1713		— 2.36
"		500	1441	— 238	2520	— 241	— 479	1234		— 2.39
"		300	1200	— 241	2274	— 246	— 487	747		— 2.44
"		400	1318	+ 118	2390	+ 116	+ 234	981		+ 2.34
"		600	1554	+ 236	2630	+ 240	+ 476	1457		+ 2.38
"		800	1790	+ 236	2872	+ 242	+ 478	1935		+ 2.39
"		700	1674	— 116	2755	— 117	— 233	1702		— 2.33
"		500	1439	— 235	2516	— 239	— 474	1228		— 2.37
"		600	1557	+ 118	2632	+ 116	+ 234	1462	0	+ 2.34
"		700	1673	+ 116	2752	+ 120	+ 236	1698	236	+ 2.36
"		800	1791	+ 118	2873	+ 121	+ 239	1937	475	+ 2.39
"		1000	2029	+ 238	3118	+ 245	+ 483	2420	958	+ 2.41
"		1200	2275	+ 246	3367	+ 249	+ 495	2915	1453	+ 2.48
"		1100	2157	— 118	3250	— 117	— 235	2680	1218	— 2.35
"		1000	2040	— 117	3132	— 118	— 235	2445	983	— 2.35
"		800	1801	— 239	2891	— 241	— 480	1965	503	— 2.40
"		600	1564	— 237	2646	— 245	— 482	1483	21	— 2.41

(1) Contata a partire dall'inizio dell'esperienza. — (2) Riferita allo stato speciale in cui il materiale viene a trovarsi alla fine delle operazioni preparatorie descritte al principio di questa Nota.

GIORNO	ORA	Sforzo totale Kgr.	SPECCHIO SINISTRO		SPECCHIO DESTRO		Somma delle differenze parziali	Deformazione totale		Incremento della deform. riferito ad 1 kgr. di incremento dello sforzo
			Letture	Differenze parziali	Letture	Differenze parziali		(1)	(2)	
2 febbraio		700	1681	+ 117	2764	+ 118	+ 235	1718	256	+ 2.35
"		800	1798	+ 117	2885	+ 121	+ 238	1956	494	+ 2.38
"		1000	2038	+ 240	3125	+ 240	+ 480	2486	974	+ 2.40
"		1200	2277	+ 239	3367	+ 242	+ 481	2917	1455	+ 2.41
"		1100	2159	- 118	3251	- 116	- 234	2683	1221	- 2.34
"		1000	2040	- 119	3134	- 117	- 236	2447	985	- 2.36
"		800	1804	- 236	2890	- 244	- 480	1967	505	- 2.40
"		600	1566	- 238	2646	- 244	- 482	1485	23	- 2.41
"		400	1328	- 238	2401	- 245	- 483	1002	- 460	- 2.42
"		200	1085	- 243	2155	- 246	- 489	513	- 949	- 2.44
"		0	838	- 247	1909	- 246	- 493	20	-1442	- 2.47
"	14	0	830	- 8	1903	- 6	- 14	6	-1456	-
...
10 febbraio	15	600	1609	-	2640	-	-		0	-
"		700	1725	+ 116	2758	+ 118	+ 234		234	+ 2.34
"		600	1609	- 116	2641	- 117	- 233		1	- 2.33
"		500	1493	- 116	2521	- 120	- 236		- 235	- 2.36
"		600	1609	+ 116	2639	+ 118	+ 234		- 1	+ 2.34
"		700	1725	+ 116	2758	+ 119	+ 235		234	+ 2.35
"		800	1841	+ 116	2877	+ 119	+ 235		469	+ 2.35
"		900	1959	+ 118	2997	+ 120	+ 238		707	+ 2.38
"		800	1843	- 116	2880	- 117	- 233		474	- 2.33
"		600	1609	- 234	2644	- 236	- 470		4	- 2.35
"		400	1376	- 233	2404	- 240	- 473		- 469	- 2.37
"		300	1257	- 119	2284	- 120	- 239		- 708	- 2.39
"		400	1375	+ 118	2399	+ 115	+ 233		- 475	+ 2.33
"		600	1607	+ 232	2636	+ 237	+ 469		- 6	+ 2.34
"		800	1840	+ 233	2875	+ 239	+ 472		466	+ 2.36
"		900	1958	+ 118	2997	+ 122	+ 240		706	+ 2.40
"		1000	2077	+ 119	3118	+ 121	+ 240		946	+ 2.40
"		1200	2319	+ 242	3367	+ 249	+ 491		1437	+ 2.46
"		1100	2203	- 116	3249	- 118	- 234		1203	- 2.34
"		1000	2086	- 117	3130	- 119	- 236		967	- 2.36
"		800	1850	- 236	2892	- 238	- 474		493	- 2.37
"		600	1616	- 234	2650	- 242	- 476		17	- 2.38
"		400	1380	- 236	2408	- 242	- 478		- 461	- 2.39
"		200	1143	- 237	2165	- 243	- 480		- 941	- 2.40
"		0	899	- 244	1912	- 253	- 497		-1438	- 2.48

GIORNO	ORA	Sforzo totale Kgr.	SPECCHIO SINISTRO		SPECCHIO DESTRO		Somma delle differenze parziali	Deformazione totale		Incremento della deform. riferito ad 1 kgr. di incremento dello sforzo
			Letture	Differenze parziali	Letture	Differenze parziali		(1)	(2)	
10 febbraio		100	1016	+ 117	2030	+ 118	+ 235	-1203	+ 2.35	
"		200	1135	+ 119	2147	+ 117	+ 236	- 967	+ 2.36	
"		400	1371	+ 236	2383	+ 236	+ 472	- 495	+ 2.36	
"		600	1606	+ 235	2622	+ 239	+ 474	- 21	+ 2.37	
"		800	1843	+ 237	2865	+ 243	+ 480	459	+ 2.40	
"		1000	2079	+ 236	3110	+ 245	+ 481	940	+ 2.41	
"		1200	2324	+ 245	3360	+ 250	+ 495	1435	+ 2.47	
...	

Fisica. — *L'effetto Hall longitudinale nelle leghe ferromagnetiche di rame, manganese, alluminio* (1). Nota di OTTAVIO BONAZZI, presentata dal Corresp. A. BATTELLI.

1. È ben noto che la resistenza elettrica dei conduttori cambia quando essi vengono introdotti in un campo magnetico. Tale variazione è molto grande specialmente nel bismuto, e fornisce per questo un mezzo semplice e comodo per la misura dell'intensità di un campo: ma essa riesce sensibile pure, ed è stata misurata, per molti altri metalli, sia in direzione parallela, sia in direzione perpendicolare al campo magnetico.

La teoria elettronica sembra fornirci una facile spiegazione del fenomeno. Infatti le particelle cariche, cui si pensa dovuta la convezione della corrente, sotto l'azione di un campo longitudinale più non percorrono linee rette, ma eliche; e sotto l'azione di un campo trasversale debbono percorrere delle cicloidi. Nell'un caso e nell'altro le linee di corrente hanno entro il conduttore una lunghezza più grande: e ciò porta che la resistenza di questo deve risultare, in ogni caso, aumentata.

2. Ora, le esperienze eseguite coi vari metalli hanno concordemente rivelato un aumento di resistenza nella direzione *parallela* al campo magnetico.

Un risultato altrettanto semplice ed uniforme non si è invece avuto per le misure della variazione di resistenza in direzione *perpendicolare*, ossia

(1) Lavoro eseguito nell'Istituto di fisica dell'Università di Berlino, diretto dal prof. Rubens; completato nell'Istituto di fisica dell'Università di Pisa, diretto dal professore A. Battelli.