ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXII.

1915

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIV.

2° SEMESTRE.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1915

Meccanica. — *Nuove esperienze sulla elasticità del rame.* Nota di GUSTAVO COLONNETTI, presentata dal Socio G. A. MAGGI [1].

In una recente ripresa delle mie ricerche sull'isteresi elastica ho potuto, per mezzo di nuove disposizioni sperimentali [2], realizzare quei cicli bilaterali il cui interesse teorico io avevo già cercato di mettere in rilievo nell'ultima Nota in cui mi sono occupato dell'argomento [3].

A conferma di quanto avevo scritto in quell'occasione, riferirò qui la *storia* di una provetta sulla quale io ho lungamente sperimentato nello scorso mese di aprile, ed il cui comportamento mi sembra riassumere assai bene i risultati delle mie più recenti osservazioni.

A questi risultati io continuo, s'intende, ad annettere un valore puramente qualitativo, convinto che, in un problema complesso e delicato com'è quello del comportamento elastico dei materiali dotati di isteresi, non occorre tanto, allo stato attuale delle nostre conoscenze, precisare numericamente le proprietà specifiche dei singoli corpi, quanto farsi un'idea chiara dell'andamento generale dei fenomeni e rendersi conto del modo con cui le esperienze debbono essere condotte se si vuole con esse riuscire a portare un po' di luce sulle relazioni che intercedono fra le forze esterne applicate e le deformazioni da esse prodotte.

Le esperienze che sto per descrivere vennero eseguite colla macchina per prove alterne a trazione e pressione, recentemente costruita dalla ditta Fratelli Amsler di Sciaffusa per il Laboratorio sperimentale dei materiali da costruzione della R. Università di Pisa, su di una provetta di 20 millimetri di diametro ricavata, secondo le norme per l'uso di detta macchina [4], da un tondino di rame di 40 millimetri di diametro.

Le deformazioni vennero misurate col solito apparecchio a specchi di Martens, su di una lunghezza utile di 200 millimetri; l'ingrandimento, di 500 volte, permetteva di apprezzare nelle singole letture $\frac{1^{mm}}{5000}$; le deformazioni dell'asse geometrico della provetta si ottenevano, come d'uso, sommando le differenze delle letture relative a due generatrici opposte, epperò risultavano espresse in decimillesimi di millimetro.

(1) Pervenuta all'Accademia il 7 luglio 1915.

(2) Cfr. G. Colonnetti, *Una nuova macchina per prove alterne a trazione e pressione*, Giornale del genio civile, 1915.

(3) Id., *Esperienze sull'elasticità a trazione del rame*, Nota III, Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, ser. 5ª, vol. XXIII (15 marzo 1914).

(4) Cfr. la mia Nota già citata, Giornale del genio civile, 1915.

Le tre tabelle numeriche allegate a questa Nota, coi relativi diagrammi (fig. 1 e 2) disegnati in assi coordinati obliqui come quelli che accompagnarono i miei precedenti scritti sull'argomento [1], si riferiscono a tre sole fra le numerose esperienze da me effettuate sul saggio: e precisamente alla prima eseguita in ordine di tempo, ed a due altre, svolte parecchi giorni appresso, dopo che il materiale era stato ripetutamente e variamente cimentato, e poi assoggettato al noto processo di eliminazione delle deformazioni mediante alternazioni decrescenti del carico.

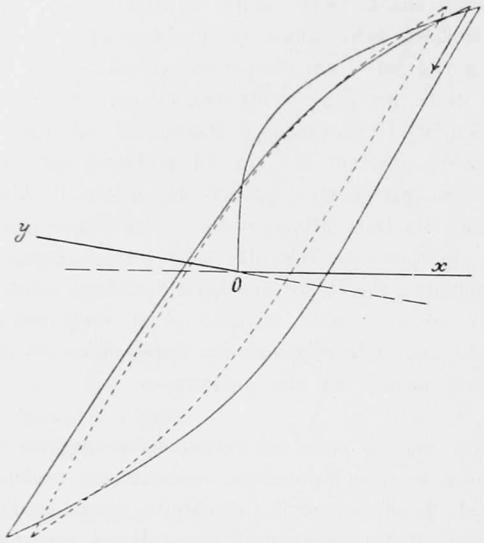

Fig. 1.

Questo processo si è rivelato perfettamente idoneo a determinare la formazione di uno stato del materiale, praticamente assai ben definito, che si può dire *neutro* in quanto il saggio si presenta privo di deformazioni apprezzabili, ed atto a subire, sotto l'azione di sforzi eguali e di segno contrario, variazioni di dimensione alla lor volta sensibilmente eguali e di segno contrario. In questo stato neutro però le proprietà del materiale si rivelano in generale nettamente distinte da quelle che lo caratterizzavano nello stato iniziale.

Ciò dipende, come è noto, da un complesso di alterazioni nelle proprietà del materiale le quali si producono sotto l'azione delle prime sollecita-

[1] Cfr. G. Colonnetti, *Esperienze sull'elasticità a trazione del rame*, Nota I, Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, ser. 5ª, vol. XXIII (1° febbraio 1914).

zioni esterne che ad esso vengono applicate: la cosa appare nettamente a chi osservi la fig. 1 nella quale, per maggior chiarezza, è stato riportato con linea punteggiata il ciclo chiuso (fig. 2) che il materiale tende a descrivere dopo un conveniente numero di inversioni dello sforzo.

Questo ciclo chiuso (che nella fig. 3 è stato disegnato in assi coordinati ortogonali affinchè apparisse nelle sue vere dimensioni relative) si presenta sensibilmente simmetrico rispetto all'origine e dotato di tutte quelle proprietà che si sono già riscontrate nei cicli chiusi unilaterali [1].

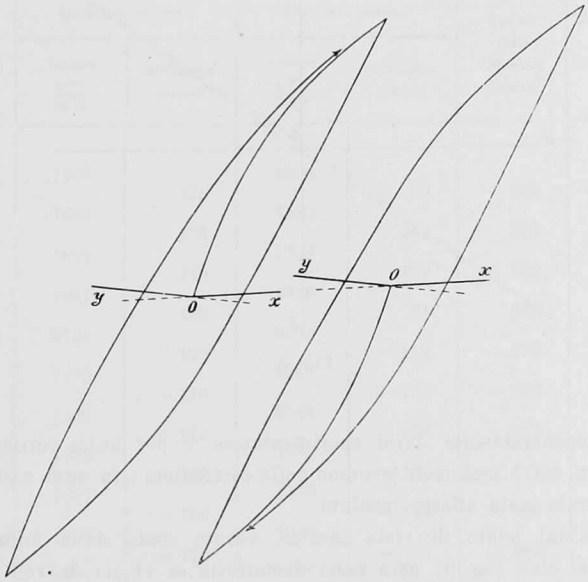

Fig. 2.

Si è così condotti a precisare il concetto di *incrudimento* attribuendogli un significato affatto analogo a quello a cui alludono i fisici quando parlano di accomodamento dei cicli.

Riesce inoltre profondamente modificata la portata dell'abituale distinzione fra deformazioni elastiche e deformazioni permanenti, in quanto essa non sembra derivare da caratteristiche proprie del materiale, ma piuttosto dall'ordine con cui su di esso si succedono le sollecitazioni, cioè dal modo con cui vien condotta l'esperienza.

In realtà ciò che è veramente essenziale nella deformazione dei materiali di cui qui si tratta (e, forse, non soltanto di questi) è la *non invertibilità* del fenomeno.

[1] Cfr. G. Colonnetti, *Esperienze sull'elasticità a trazione del rame*, Nota II, Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, ser. 5ª, vol. XXIII (15 febbraio 1914).

Bisogna pertanto decidersi a rinunciare definitivamente a tutte le formole più o meno complesse con cui da molti autori [1] si è cercato di esprimere le deformazioni di questi materiali come funzioni monodrome delle sollecitazioni.

Dal punto di vista scientifico tali formole avranno sempre il difetto di non rappresentare che un caso molto particolare di deformazione, spesso

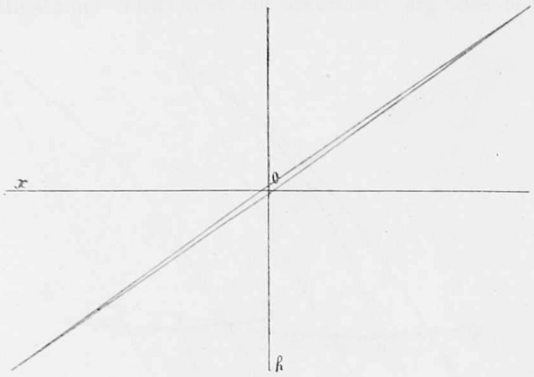

Fig. 3.

creato convenzionalmente dallo sperimentatore e per nulla corrispondente al modo con cui i materiali lavorano nelle costruzioni; in ogni caso il problema generale resta affatto insoluto.

Mentre dal punto di vista tecnico, tenuto conto della forma molto allungata dei cicli (fig. 3), pare assai discutibile se vi sia davvero qualche motivo di rinunciare ai vantaggi della classica formola di Hooke, la quale, nella sua impareggiabile semplicità, riesce, ancora meglio di ogni altra, a compendiare con sufficiente approssimazione l'infinita varietà dei processi che si verificano nei materiali dotati di isteresi elastica.

[1] Cfr. C. Bach, *Elastizität und Festigkeit*, Berlin, 1911.

TABELLA I.

Data dell'esperienza: 14 aprile 1915, ore 16; temperatura 14°.

Sforzo (positivo se di trazione) Kgr.	Specchio sinistro		Specchio destro		Somma delle differenze parziali	Deformazioni totali $\frac{1^{mm}}{10000}$
	Letture $\frac{1^{mm}}{5000}$	Differenze parziali	Letture $\frac{1^{mm}}{5000}$	Differenze parziali		
0	1500		1500			0
		176		80	256	
500	1676		1580			256
		125		142	267	
1000	1801		1722			523
		140		156	296	
1500	1941		1878			819
		165		181	346	
2000	2106		2059			1165
		— 127		— 152	— 279	
1500	1979		1907			886
		— 116		— 163	— 279	
1000	1863		1744			607
		— 115		— 162	— 277	
500	1748		1582			330
		— 131		— 146	— 277	
0	1617		1436			53
		— 136		— 144	— 280	
— 500	1481		1292			— 227
		— 120		— 175	— 295	
— 1000	1361		1117			— 522
		— 122		— 187	— 309	
— 1500	1239		930			— 831
		— 134		— 198	— 332	
— 2000	1105		732			— 1163
		123		158	281	
— 1500	1228		890			— 882
		121		160	281	
— 1000	1349		1050			— 601
		113		170	283	
— 500	1462		1220			— 318
		99		184	283	
0	1561		1404			— 35
		121		164	285	
500	1682		1568			250
		133		152	285	
1000	1815		1720			535
		141		162	303	
1500	1956		1882			838
		148		174	322	
2000	2104		2056			1160
...	...	...	...	...	...	...

Tabella II.

Data dell'esperienza: 24 aprile 1915, ore 10; temperatura 15°.

Sforzo (positivo se di trazione) Kgr.	Specchio sinistro		Specchio destro		Somma delle differenze parziali	Deformazioni totali $\frac{1^{mm}}{10000}$
	Letture $\frac{1^{mm}}{5000}$	Differenze parziali	Letture $\frac{1^{mm}}{5000}$	Differenze parziali		
0	1500		1500			0
		145		128	273	
500	1645		1628			273
		167		110	277	
1000	1812		1738			550
		167		122	289	
1500	1979		1860			839
		172		136	308	
2000	2151		1996			1147
		— 153		— 125	— 278	
1500	1998		1871			869
		— 160		— 120	— 280	
1000	1838		1751			589
		— 168		— 112	— 280	
500	1670		1639			309
		— 150		— 130	— 280	
0	1520		1509			29
		— 167		— 113	— 281	
— 500	1352		1396			— 252
		— 164		— 125	— 289	
— 1000	1188		1271			— 541
		— 181		— 118	— 299	
— 1500	1007		1153			— 840
		— 165		— 140	— 305	
— 2000	842		1013			— 1145
		135		137	272	
— 1500	977		1150			— 873
		164		116	280	
— 1000	1141		1266			— 593
		164		116	280	
— 500	1305		1382			— 313
		166		114	280	
0	1471		1496			— 33
		159		125	284	
500	1630		1621			251
		169		119	288	
1000	1799		1740			539
		167		130	297	
1500	1966		1870			836
		171		136	307	
2000	2137		2006			1143
...	...	...	...	...	...	...

Tabella III.

Data dell'esperienza: 24 aprile 1915, ore 15; temperatura 15°.

Sforzo (positivo se di trazione) Kgr.	Specchio sinistro		Specchio destro		Somma delle differenze parziali	Deformazioni totali $\frac{1^{mm}}{10000}$
	Letture $\frac{1^{mm}}{5000}$	Differenze parziali	Letture $\frac{1^{mm}}{5000}$	Differenze parziali		
0	1500		1500			0
		— 157		— 115	— 272	
— 500	1343		1385			— 272
		— 158		— 121	— 279	
— 1000	1185		1264			— 551
		— 160		— 128	— 288	
— 1500	1025		1136			— 839
		— 168		— 140	— 308	
— 2000	857		996			— 1147
		136		140	276	
— 1500	993		1136			— 871
		163		117	280	
— 1000	1156		1253			— 591
		163		117	280	
— 500	1319		1370			— 311
		166		115	281	
0	1485		1485			— 30
		153		129	282	
500	1638		1614			252
		161		124	285	
1000	1799		1738			537
		163		136	299	
1500	1962		1874			836
		170		143	313	
2000	2132		2017			1149
		— 153		— 125	— 278	
1500	1979		1892			871
		— 158		— 121	— 279	
1000	1821		1771			592
		— 166		— 113	— 279	
500	1655		1658			313
		— 153		— 126	— 279	
0	1502		1532			34
		— 162		— 118	— 280	
— 500	1340		1414			— 246
		— 166		— 123	— 289	
— 1000	1174		1291			— 535
		— 174		— 125	— 299	
— 1500	1000		1166			— 834
		— 168		— 142	— 310	
— 2000	832		1024			— 1144
...	...	...	...	...	...	...