RICERCHE INTORNO ALLE PROPRIETÀ ELASTICHE DEI FILI DI PALLADIO,
di G. ERCOLINI.

Le deformazioni elastiche d'un filo metallico dipendono, come hanno mostrato le interessantissime esperienze del Signor Bouasse ¹⁾, non solo dalla intensità delle forze agenti, ma specialmente, e in modo assai complicato, dalla legge con la quale essa varia col tempo; sì che dopo le belle ricerche di quel fisico non è più possibile, in un qualsivoglia studio di proprietà elastiche, non tener conto di questa legge, variando in modo arbitrario e discontinuo le forze deformatrici; come, purtroppo, si è sempre fatto in esperienze e misure la cui tecnica è, per lo meno, molto rudimentale e che perciò, nonostante il loro numero prodigiosamente grande, hanno piuttosto imbrogliato un argomento di per sè già poco chiaro e molto complesso, com'è quello della elasticità dei solidi reali.

Poichè la singolare proprietà del palladio, di assorbire enormi quantità d'idrogeno nascente, mi ha invogliato a ricercare se e quali alterazioni apporti tale assorbimento al comportamento elastico dei fili di quel metallo, ho creduto

1) Vedi l'elenco delle magistrali Memorie di H. Bouasse in "Annales d. Ch. et de Phys.", 7. serie, t. 29, luglio 1903.

necessario in questo studio di abbandonare i metodi di investigazione fin qui adottati, per seguire la nuova via tracciata dal fisico francese, nonostante vi si richiedano apparecchi assai complicati e perfetti.

Per questo, sprovvisto come sono di ogni mezzo, le presenti ricerche mi hanno occupato per molto tempo, e non riuscirei a far comprendere a prezzo di quanti tentativi abbia potuto iniziarle.

Al Prof. Salvioni, della R. Università, che mi prestò alcuni degli apparecchi che ho adoprati, e mi permise l'uso della corrente pel rincuocimento dei fili, porgo qui, di buon grado, i più vivi ringraziamenti.

Trazione.

Dimostra il Sig. Bouasse che nessuno dei vari metodi, statici e dinamici, per determinare la costante di trazione, dà la sicurezza di ottenerne un valore esatto; laonde, piuttosto che occuparmi di variazioni di pseudo-costanti, ho preferito ricercare se l'occlusione influisca sulla perdita di energia nei fenomeni di trazione presentati dai fili di palladio.

A tale scopo mi era necessario di far percorrere al filo in esame un determinato ciclo di trazione con continuità e *con legge esattamente conosciuta*, e ripeterlo un numero sufficiente di volte (teoricamente infinito), affinchè potesse chiudersi e fissarsi nel piano trazione-allungamento. Ciò è essenziale, poichè la curva di deformazione d' un filo *nuovo* non è immutabile, ma si avvicina, più o meno lentamente, alla curva tipica del ciclo chiuso, mediante una serie di continue trasformazioni (accomodamento).

La legge che io ho scelta è la sinusoidale a lungo periodo.

Apparecchi. — Un buon movimento di orologeria a caduta di peso (trasformazione di un regolatore di arco elettrico) muove, di moto praticamente uniforme, una puleggia (raggio di cm. 2,4) e questa, alla sua volta, una P (fig. 1) del raggio di cm. 12,5 (ruota grande della macchina Clarke) munita, per aumentarne la inerzia, di tre lunghe spranghe di ferro a 120° che portano all'estremità, ciascuna, una massa di 2 kg. (non rappresentate nella figura).

Eccentricamente, in E, la P sostiene, normalmente al suo piano verticale, l'asse di una piccola carrucola a larga gola

Fig. 1.

nella quale viene ad appoggiarsi, presso un estremo, un'asta di legno LL' , lunga cm. 360, girevole intorno a L' su di un asse orizzontale di 40 cm. di lunghezza.

Per le note proprietà dell'eccentrico, date le dimensioni della LL' , la rotazione uniforme di P imprime all'estremità L un moto alternativo praticamente sinusoidale. Si tratta di impiegarlo a produrre delle trazioni periodiche.

Ad L è attaccata una spirale cilindrica S che si aggancia in g alla leva di legno ll' girevole in F su due punte, distanti circa 10 cm., e poggianti sopra una mensola orizzontale murata z . All'estremità l questa leva porta due robuste strisce di ferro che, nel centro della loro parte sporgente, hanno un foro f ad orlo tagliente. Fra di esse viene a trovarsi una lastra di ottone o , munita di un foro, alla quale è fissato un grosso filo di ottone C , lungo un 50 cm., che superiormente

porta avvitato un cilindretto di ottone c a cui è saldato Pestremo inferiore del filo ϕ in esame, mentre il superiore è stretto in una morsa murata. Un asse di acciaio, che passa orizzontalmente per i tre fori, serve a collegare il filo ϕ con la ll' . Questa, la spirale e ϕ giacciono in uno stesso piano verticale, mentre la P e $L L'$ si trovano in uno ad esso perpendicolare ¹⁾.

Due masse $m m'$ assicurano il continuo contatto di $L L'$ con E ; una terza M compensa la loro influenza sulla rotazione di P .

Gli allungamenti li misuro col metodo dello specchio sorretto da tre punte di ago.

Due anellini di caucciù, opportunamente disposti, mantengono il contatto di due di esse, distanti 3 cm., con lastrine di vetro smerigliato immasticiate all'estremità di una sbarra di legno N girevole, intorno a due punte p distanti 10 cm., su di una mensola Q murata; vi aderisce bene, perchè munita della massa n , e si può regolare in altezza mediante la vite v , la cui estremità conica ruota su un disco di vetro fissato a Q . La terza punta di ago poggia sopra un corto cilindro i saldato al filo C subito al di sotto del cilindretto c .

Il sostegno dello specchio è anche munito di due smorzatori in mica che pescano entro vaschette con olio di vaselina ²⁾.

Per tracciare la curva trazioni-allungamenti era necessario fare le letture delle rotazioni dello specchio ad intervalli di tempo uguali.

A questo scopo, la ruota P porta alla periferia 24 cilindretti metallici equidistanti che, passando davanti ad una molla fissa, vengono a chiudere il circuito di un avvisatore elettrico. Tenendo l'occhio al cannocchiale, si fa la lettura di una scala verticale al primo colpo del campanello.

A principio, per esercitarmi in queste misure, ho prodotto diversi cicli con fili di ottone e di rame variando o l'eccentricità di E , o la spirale S , o spostando opportunamente un peso n' su $l F$, ed ho constatato che, con periodi assai lunghi

1) La figura 1, per semplicità, rappresenta tutto in un piano.

2) Lo specchio e il suo sostegno non compaiono nella figura.

si può, senza aiuto, fare le letture e registrarle con esattezza. Ciò per me era indispensabile; e quindi ho sempre sperimentato in queste condizioni.

Dopo tali prove ho intrapreso lo studio dei fili di palladio, prendendone, com'era naturale, dei più sottili, e facendoli funzionare da catodi di un voltmetro ad acqua della forma seguente.

Un pezzo cilindrico b di ferro, della forma indicata nella figura 1, è stretto verticalmente in una robusta morsa Z , murata solidamente. Alla sua estremità inferiore più larga può avvitarci: nel centro, un cilindretto a (1 cm. di diametro), al quale è saldata l'estremità superiore del filo ϕ in esame; alla periferia, un cilindro cavo di ottone de , del diametro esterno di 3 cm., al quale è immasticiata una canna di vetro rr lunga cm. 48, del diametro interno di cm. 0,6, sull'asse della quale viene così a trovarsi ϕ .

Da un foro laterale u penetra, opportunamente isolato e a perfetta tenuta, un filo di platino h che termina in un anello immasticiato esternamente e un po' al di sotto dell'orlo superiore della canna. Esso porta saldati, a 120° l'uno dall'altro, tre fili sottili di platino (diametro di cm. 0,01) che scendono lungo la parete interna della canna, mantenendosi ben tesi e paralleli, e il cui capo viene fissato all'esterno e verso l'estremità inferiore della rr .

La superficie interna di de è spalmata di cera, mentre la parte inferiore di b è ricoperta di paraffina che, ben calda, si introduce, per mezzo del condotto laterale q , servendosi di un piccolo imbuto piegato ad angolo retto: così viene impedito ogni contatto fra parti metalliche estranee e il liquido del voltmetro ¹⁾.

La canna può rimanere piena di acqua acidulata per un tempo indeterminato, purchè si abbia cura di aggiungere, di quando in quando, mediante una pipetta affilata, un po' di acqua all'estremità inferiore, altrimenti l'evaporazione incurverebbe troppo il menisco, e una bolla di aria si staccerebbe per salire in alto.

1) Lo strato protettore nella figura è rappresentato dalla parte doppiamente tratteggiata.

Ogni filo in istudio, lungo intorno ai 51 cm., inferiormente esce fuori da rr per circa 1 cm. e, prima di essere introdotto nel voltmetro, è rincotto sia per renderlo omogeneo dal punto di vista elastico, sia per toglierli i gas che precedentemente avesse assorbiti.

Il rincuocimento di un filo viene operato ponendolo lungo l'asse di una canna di vetro dalla quale estraggo l'aria; una spirulina di ottone, leggermente tesa, attaccata alla sua estremità inferiore, serve per lanciarvi una corrente e per impedire ogni possibile contatto col vetro durante il riscaldamento.

La corrente è regolata in modo che il filo arrivi al rosso chiaro, e, nell'impossibilità di dedurre esattamente il grado termico che raggiunge, sia per la variazione della resistenza, del calore specifico e delle dimensioni con la temperatura, sia per la non proporzionalità fra questa e il raffreddamento, riferirò sempre, se non altro, l'intensità della corrente e la sua durata.

Esperienze. — Molte prove con un primo filo di palladio mi hanno mostrato che la perdita di energia nella sua trazione è assai piccola; occorre quindi produrre trazioni rilevanti.

Ho allora adoprato una scala lunga 210 cm., piegata in cerchio di 200 cm. di raggio, il cui centro è sullo specchio che dista dal cannocchiale di 150 cm.; in tali condizioni una divisione (mm.) corrisponde ad un allungamento di un micron.

La spirale S fatta al tornio, e perciò molto regolare, è costituita di 53 spire, del diametro di 3 cm., di filo di ottone grosso cm. 0,2; si allunga di 1 cm. per ogni 100 g., e, poichè lo spostamento verticale di L è di 20 cm., la trazione massima esercitata è di 2000 g.

Sulla leva ll' , nel tratto lF , ho opportunamente collocato una massa n' , in modo che la carica minima a cui è assoggettato il filo, compreso il peso dell'asta C, è di 100 g.

In queste condizioni ho eseguito le esperienze, prima operando col filo semplicemente tenuto nell'acqua del voltmetro, poi col medesimo dopo avergli fatto assorbire dell'idrogeno. Per questo, tra h (+) e w (—), faccio passare la corrente di due o più daniell a doppio solfato e, mediante un reostato a

liquido e un galvanometro Nobili, la regolo in modo da avere un continuo sviluppo di piccolissime bollicine gassose su tutta la superficie del filo.

Il sistema dei tre fili di platino accosti alle pareti del voltmetro assicura un assorbimento uniforme, poichè procuro che il filo in esame si trovi, il più possibile, sull'asse della canna che ho sempre, con molta cura, disposta verticale mediante sottili zeppe di ebanite, opportunamente collocate fra le branche della morsa Z.

Da prima ho cercato l'influenza dell'occlusione, senza tener conto della quantità di idrogeno assorbito.

Riporto, nella tabella seguente, due cicli intieri (nono e decimo) eseguiti sopra un filo del diametro di cm. 0,021 rin-cotto con una corrente di 2,1 amp. per 110^s, e riferisco senz'altro le 24 letture Δ della scala.

Siccome l'asse E giace sul diametro dei cilindretti-contatto 12 e 24, per la grande lunghezza della LL' rispetto alle escursioni del suo estremo L, questo ha posizioni sensibilmente uguali nei tempi 1 e 23, 2 e 22, ecc..., ai quali corrispondono le trazioni seguenti :

1 e 23	g. 134,10
2 » 22	» 233,98
3 » 21	» 392,90
4 » 20	» 600,10
5 » 19	» 481,18
6 » 18	» 1100,00
7 » 17	» 1358,82
8 » 16	» 1599,99
9 » 15	» 1807,10
10 » 14	» 1966,02
11 » 13	» 1065,90

mentre, come ho detto, la minima (24) è di g. 100, e quindi la massima (12) g. 2100.

Accanto alle Δ sono riportate le differenze δ fra le deviazioni corrispondenti 1 e 23, 2 e 22, ecc. che caratterizzano l'area del ciclo.

		NONO CICLO		DECIMO CICLO	
		Δ	δ	Δ	δ
	1	458		454	
	2	522		537	
	3	657		653	
	4	815		811	
	5	987		983	
	6	1167		1170	
	7	1345		1343	
	8	1503	38	1499	33
	9	1622	40	1619	50
	10	1725	75	1721	74
	11	1776	95	1771	94
			104		101
↓	12	1785	107	1791	106
			103		102
↑	13	1741	99	1738	100
	14	1662	72	1656	76
	15	1550	63	1543	65
	16	1404	35	1399	33
	17	1242		1241	
	18	1060		1064	
	19	883		882	
	20	720		717	
	21	582		579	
	22	482		487	
	23	420		421	
	24	403		406	

Il ciclo, come si vede, è praticamente fissato.

Dopo il decimo ciclo, lancio la corrente nel voltmetro, ed ogni due o tre ore compio nuovi cicli per constatare le variazioni che subiscono, tenendo però sempre chiuso il circuito.

Per brevità riferirò soltanto gli ultimi due cicli (3° e 4°) fissati, eseguiti quando il filo, dopo 24 ore di continuo passaggio di corrente, ha subito l'assorbimento massimo nelle condizioni in cui si trova, cioè quando la cavità superiore del voltmetro, della capacità di circa 5 cm³., è piena dei gas svolti.

		TERZO CICLO		QUARTO CICLO	
		Δ	δ	Δ	δ
	1	362		364	
	2	428		432	
	3	533		535	
	4	688		690	
	5	860		859	
	6	1048		1045	
	7	1234		1228	
	8	1400	1	1394	0
	9	1539	3	1530	2
	10	1645	4	1635	5
	11	1711	4	1699	5
			6		6
↓	12	1735	8	1729	7
			5		5
↑	13	1709	4	1698	4
	14	1642	3	1632	4
	15	1536	3	1526	3
	16	1396	2	1390	1
	17	1229		1223	
	18	1040		1038	
	19	854		853	
	20	684		685	
	21	529		530	
	22	425		430	
	23	361		364	
	24	335		338	

Chiuso il voltmetro in corto circuito, ogni tre o quattro ore ripeto le esperienze: il filo ritorna lentamente allo stato primitivo, e solo dopo un 60 ore ha dato dei cicli uguali ai primi (9° e 10°).

In tutte queste esperienze il periodo del movimento sinusoidale di L è stato di 552^s costantemente; la temperatura media dell'ambiente di 21°,3 C.

Dar confronto fra i valori δ delle precedenti esperienze si rileva subito che l'occlusione d'idrogeno *diminuisce l'area dei cicli di trazione*.

Costatato questo fatto e confermato più volte con altre esperienze, era da vedere la sua dipendenza dalla quantità d'idrogeno assorbito.

A questo scopo basta far passare la corrente anche per un secondo voltmetro a soluzione di un sale, poichè dalla quantità di metallo depositato si può dedurre, con precisione, quella dell'idrogeno prodotto.

Ma affinchè le misure non riescano illusorie, è necessario produrre l'assorbimento per polarizzazione, evitando ogni più piccola elettrolisi, e perciò la corrente dev'essere debolissima. Data quindi l'enorme quantità di gas che il palladio può assorbire, occorrerebbero molti giorni per avere considerevoli assorbimenti, come ho potuto costatare con molte prove che ho fatto, usando anche il microscopio per scoprire le minime tracce di sviluppo gassoso.

Durante questo lungo tempo, il filo sarebbe andato soggetto a numerosissime oscillazioni di temperatura che, invece, bisognerebbe assolutamente eliminare, come lo consiglia, in ricerche simili, il Sig. Brillouin ¹⁾; e perciò avrei dovuto rinchiudere il voltmetro in una stufa a temperatura costante.

Per tal ragione, e per l'altra che sono costretto a lavorare in un locale infelice; mi sono dovuto accontentare di aver costatato il fatto fondamentale, ed ho piuttosto intrapreso delle ricerche intorno alla

Torsione.

Per eseguire su di un filo metallico delle esperienze di torsione che abbiano un senso, occorre, non solo che siano conosciute le sue dimensioni e la sua tensione, ma, eziandio, che sia nota con precisione la legge di torsione in funzione del tempo e le coppie ad ogni istante.

La tecnica diviene perciò complicata ed esige apparecchi perfetti.

D'altronde il metodo delle oscillazioni, a cui si è sempre ricorso, non può indicar nulla di certo intorno all'elasticità del filo di sospensione, a meno che l'ampiezza non sia estremamente piccola: le esperienze del Tomlinson ²⁾ e del Bouasse

1) Journal d. Phys., 2. serie, t. 7.

2) Phil. Trans. 1886.

dimostrano infatti che la correzione per l'influenza dell'aria può essere anche i *due terzi* dello smorzamento totale.

Io ho usato definitivamente una disposizione che permette di produrre torsioni alternative con legge sinusoidale.

Apparecchi. — Dispongo di un sistema di tre pulegge di legno, fissate su uno stesso asse orizzontale a punte girevoli entro coni a vite: le due prime, (fig. 2) A B di cm. 6,1 e C D di cm. 8 di diametro, a gola larga 1 cm. e piana; la terza F G è del diametro di cm. 21 circa.

All'eccentrico E della solita puleggia P (fig. 1), mossa nel modo precedentemente descritto, è attaccato il capo di un filo metallico c_0 pieghevole (treccia di fili sottilissimi di rame) che si avvolge, per quattro o cinque giri, sulla AB, alla quale ha poi fissato l'altro capo. Per mantenerlo in continua e costante tensione, sulla gola della CD è fissata l'estremità d'una corda f , che si avvolge in senso inverso a quello di c_0 , e porta all'altro estremo una massa N.

Per ogni giro della P la F G compie così due rotazioni di senso inverso, con legge praticamente sinusoidale; però una massa N' , posta sull'asse E, deve compensare l'azione della N.

Mediante un cordoncino di seta c , mantenuto in tensione costante, il movimento di F G viene trasmesso ad una puleggia orizzontale di legno $a b$, di cm. 5,7 di diametro, fissata al cilindro di ferro c' che forma il sostegno del voltmetro usato nella trazione, e contenente il filo di palladio nelle stesse condizioni.

Fig. 2.

Questo cilindro c' , munito di un tronco di cono e di un dado a vite d , ruota in un foro conico praticato in un cilindro di ottone ee , foggiate opportunamente per potersi serrare con forza nella solita morsa murata Z (fig. 1).

Tale parte dell'apparecchio è costruita a perfezione, sì che il movimento del voltmetro presenta un attrito molto piccolo e costante, avendo cura di lubrificare con pochissimo sego ben pulito. Tutte le parti sono centrate con precisione in modo che nella rotazione gli spostamenti laterali della canna rr sono impercettibili.

Affinchè la corrente possa mantenersi chiusa anche durante la torsione, la rr porta superiormente immasticiato un pozzetto circolare, pieno di mercurio, nel quale pesca il capo dell'anode h e quello di un conduttore i fisso.

Per misurare le coppie ho adoprato un dinamometro bifilare così disposto.

All'estremità di una seconda mensola S , murata al di sotto della Z , sono fissati i capi s, s di un sottile filo di rame argentato (diametro cm. 0,01) che scende in due tratti paralleli, t, t , distanti cm. 1,7, in un piano verticale che comprende il filo in esperienza, e, a 140 cm. da S , passa per la gola di una carrucola metallica H girevole intorno ad un asse orizzontale, lungo 5 cm.; questo è posto all'estremità di un'asta di legno ll' , di 80 cm., collocata, orizzontalmente, nel piano del bifilare, e sulla quale scorre un peso p per variare la tensione del bifilare, poichè essa è girevole in l' su due punte, distanti 11 cm., che poggiano su di una mensola S' .

Ecco come il filo di palladio ϕ si collega col bifilare.

L'estremità inferiore di ϕ è saldata ad un cilindretto che si avvita alla ghiera metallica portata da un tubo capillare di vetro vv (diametro esterno cm. 0,39), lungo 31 cm., la parte inferiore del quale, munita pure di ghiera, può, mediante la vite di pressione V , fissarsi rigidamente al cilindretto di alluminio K , a cui è rilegato un sistema di quattro molle di acciaio σ , lunghe 5 cm., che sono disposte in due coppie ad angolo retto e unite fra loro, due per due, alle estremità. Dall'incrocio delle inferiori parte una lastrina rettangolare di alluminio LL , alla quale se ne sovrappone un'altra delle

stesse dimensioni, e si uniscono poi le due mediante i buloni di alluminio β, β' , avvertendo di serrare fra esse i fili del bifilare, proprio a metà della loro lunghezza.

Col sistema delle quattro molle si ottiene una tensione regolare, variabile a piacere, fissando vv più o meno profondamente nel pezzo K, e sensibilmente costante durante la rotazione del bifilare.

Per leggere le rotazioni di questo, alla lastrina LL è fissata, in un piano orizzontale, una corona circolare di mica mm , che termina con tre appendici a 120° , necessarie a sorreggere un nastro di magnesio μ piegato in circolo (diametro cm. 11.4), sul quale si adagia una leggera striscia di carta divisa in 360 parti uguali, ciascuna di cm. 0,1. Tre smorzatori di magnesio zz pescano nell'olio di vasellina contenuto in una vaschetta circolare X, X.

Tutto il sistema del cerchio graduato col suo sostegno e gli smorzatori pesa solo g. 2,15.

È infatti indispensabile che questa massa sia piccola, affinché la forza viva del sistema risulti trascurabile, e possa ritenersi che, in ogni istante, la coppia dovuta alla torsione sia uguale e di segno contrario a quella da misurare.

Per conoscere il valore delle coppie occorre che, contemporaneamente alla rotazione del bifilare, sia nota quella dell'estremo superiore del filo, cioè del voltmetro intero.

A tale scopo al di sopra di ee , sul cilindro c' , si fissa un disco di legno RR orizzontale che sostiene una corona circolare di cartone D'D', sulla quale è tracciato un circolo diviso in parti uguali che, mediante il prisma π a riflessione totale e una lente λ , si osserva con lo stesso cannocchiale che si adopra per leggere direttamente le rotazioni del dinamometro. Poiché il suo obiettivo ha sufficiente estensione, regolando opportunamente il prisma rispetto alla scala del bifilare, è possibile di avvicinare quanto si vuole le immagini delle due scale nel piano del reticolo, e mettere a contatto i loro contorni utili.

Quando il voltmetro ruota, si vedono le due scale spostarsi nello stesso senso con velocità differenti. Allorché una divisione della D'D' passa sul reticolo, leggo la posizione della

seconda. Basta registrare queste letture: è facile poi, conosciuto il senso della rotazione e il punto di partenza, determinare, quando si vuole, le deviazioni corrispondenti della prima, le cui ampie divisioni, dato i lunghi periodi che ho impiegato, permettono di fare comodamente la registrazione fra una lettura e l'altra.

Così si può determinare il valore della coppia di torsione nelle varie fasi.

Il cannocchiale dista dalla scala del bifilare di 120 cm. e il suo ingrandimento è tale, che posso leggere, con sicurezza, almeno il decimo di grado, la grandezza apparente di una divisione (grado) essendo di cm. 0,35.

Un indice di metallo, immobile poco al di sotto della D' D', serve per avvertire i possibili spostamenti del cannocchiale, poichè la sua immagine deve coincidere sempre col reticolo.

Esperienze. — Le numerose prove che ho fatto hanno mostrato che, pure nella torsione, i fili di palladio presentano una perdita di energia molto piccola: cicli bilaterali, con torsioni anche dell'ampiezza di oltre 1000°, erano sensibilmente rappresentati da una sola linea, mentre fili di rame e di ottone in simili condizioni fissano cicli di area rilevante.

Per questa ragione, ho dovuto preferire di descrivere dei cicli unilaterali e, spostando opportunamente l'eccentrico E, di grande ampiezza.

Riporto nella seguente tabella: a sinistra, un ciclo (sesto) completamente fissato, eseguito su un filo di palladio del diametro di cm. 0,02, lungo cm. 51,5, rincotto con una corrente di amp. 2,1 per 120s, assoggettato alla tensione di 40 g.; a destra, il ciclo (quinto) fissato, ottenuto dopo che il filo ha, in quattro ore, subito il massimo assorbimento possibile, relativamente alla capacità superiore del voltmetro. Con C indico le coppie, espresse in unità arbitrarie, e con α gli azimut corrispondenti; il periodo è di 729s, la temperatura media 22° C.

La D' D' ha un cerchio diviso in sei parti uguali; per semplicità riporto le letture di 120° in 120°.

CICLO SESTO		CICLO QUINTO	
α	C	α	C
0,0	— 1761	0,0	— 1883
113,5	— 1327	113,4	— 1450
226,2	— 820	226,6	— 983
339,8	— 366	340,8	— 574
453,0	107	454,7	— 132
566,9	573	568,8	287
679,3	1092	681,2	790
793,3	1501	796,5	1160
906,9	1920	910,7	1550
1020,9	2289	1023,6	2010
1134,4	2642	1131,3	2379
1246,1	3090	1249,7	2812
1360,2	3367	1361,8	3201
1471,7	3671	1473,7	3534
↓ 1584,5	3900	1581,7	3897
↑ 1583,8	3854	1585,1	3836
1479,3	3408	1474,7	3496
1366,8	3028	1363,5	3121
1264,2	3525	1252,0	2687
1144,0	2070	1139,7	2244
1031,7	1602	1026,0	1850
917,9	1150	913,0	1389
803,3	700	798,2	1031
689,9	300	684,3	600
575,2	— 81	570,1	185
460,3	— 470	456,0	— 236
346,4	— 880	341,8	— 652
132,5	— 1300	227,9	— 1083
117,0	— 1600	114,1	— 1500
0,0	— 1800	0,0	— 1890

Chiuso il voltmetro in corto circuito, il filo ritorna gradatamente alle condizioni iniziali; dopo circa 70 ore ha dato un ciclo uguale al sesto.

La figura 3 rappresenta questi risultati nel piano coppia-azimut, in cui la curva I è propria del filo allo stato naturale, mentre la II si riferisce al ciclo quinto.

Si scorge subito che, anche nella torsione, l'effetto dell'assorbimento è una *diminuzione* dell'area del ciclo.

Ho voluto poi vedere se, per ampiezze molto grandi, questa diminuzione sia sempre considerevole, e, perciò, ho munito

Fig. 3.

la puleggia P (fig. 1) di un' asta di legno sporgente, al fine di mettere l'asse E a 25 cm. dal centro, e produrre così un ciclo unilaterale dell' ampiezza di quasi dieci giri.

Raccoglio, nella seguente tabella, i risultati ottenuti con un filo lungo cm. 51, del diametro di cm. 0,02, rincotto con una corrente di amp. 2,1 per 120^s: la sua tensione è di 50 g. A sinistra riporto un ciclo (quinto) con filo naturale, a destra quello (quarto) ottenuto dopo che esso ha assorbito l' idrogeno. Il periodo della torsione alternativa è di 765^s; la temperatura media 21°,2 C. Il cerchio D'D' è diviso in tre parti uguali, ma io riferirò le letture di 240° in 240°.

CICLO QUINTO		CICLO QUARTO	
α	C	α	C
6,8	— 6114	18,5	— 7078
121,0	— 5340	131,8	— 6226
344,9	— 3564	359,4	— 4300
581,0	— 1881	589,6	— 2657
812,0	— 271	821,7	— 1253
1044,3	1115	1055,8	200
1276,2	2549	1285,0	1735
1510,1	3600	1517,7	3018
1744,0	4601	1750,8	4182
1978,9	5406	1983,7	5316
2214,1	6109	2217,5	6240
2449,2	6805	2451,8	7026
1685,0	7361	2685,8	7778
2920,3	7927	2920,8	8340
3155,8	8408	3155,1	8900
↓ 3272,7	8636	3391,7	9197
↑ 3400,0	7964	3397,4	8733
3174,9	6003	3170,4	6933
2944,9	4458	2941,6	5320
2714,7	2803	2711,8	3665
2482,3	1472	2482,0	2353
2249,7	144	2250,7	812
2014,8	— 774	2017,6	— 434
1783,0	— 2234	1784,6	— 1683
1547,9	— 3087	1550,9	— 2800
1313,1	— 3967	1316,8	— 3805
1077,6	— 4700	1082,9	— 4790
841,0	— 5240	847,3	— 5489
604,7	— 5801	611,5	— 6214
367,7	— 6281	377,4	— 6931
130,5	— 6635	141,5	— 7460
11,6	— 6800	21,6	— 7650

Dopo aver tenuto in corto circuito il voltmetro per un 70 ore, il filo ha dato un ciclo identico a quello di partenza (quinto).

Se nel piano azimut-coppia si rappresentano questi risultati, si ottiene la fig. 4, nella quale la curva II è propria del filo che ha occluso l'idrogeno.

Essa ci mostra come, anche per torsioni grandi, l'assorbimento produce una *diminuzione* di area del ciclo. In tal caso

però questa diminuzione sarebbe molto minore di quella che si riscontra per torsioni più piccole.

Fig. 4.

Dovendo interrompere queste ricerche, non ho potuto esaminare, com'era mia intenzione, se e per quali torsioni un filo che ha occluso l'idrogeno si comporti come un solido perfetto, e se, per torsioni di molti giri, l'influenza dell'idrogeno assorbito possa annullarsi. Era pure da vedersi se essa dipenda dalla rapidità dell'assorbimento.

Spero di avere l'opportunità di occuparmi in seguito di tali questioni.

Risulta da queste ricerche che, almeno pei fili di palladio che ho usati, l'assorbimento d'idrogeno *diminuisce la perdita di energia nei fenomeni elastici di trazione e di torsione*.

L'idrogeno apporterebbe dunque nel palladio una alterazione simile a quella che il carbonio produce nel ferro.