SULLE VARIAZIONI DELL' EFFETTO PELTIER IN UN CAMPO MAGNETICO,

di A. POCHETTINO ¹⁾.

Fra le più notevoli relazioni che legano il magnetismo cogli altri fenomeni fisici una delle più interessanti è certamente quella segnalata per la prima volta da Lord Kelvin ²⁾: ossia l'influenza della magnetizzazione sulle proprietà termoelettriche del ferro e dell'acciaio. Le esperienze di Lord Kelvin sono però puramente qualitative; le prime misure sull'argomento sono quelle di Strouhal e Barus ³⁾ i quali studiando una coppia ferro-rame magnetizzata longitudinalmente da un campo di 35 unità (C. G. S.) trovarono che la forza elettromotrice era maggiore nel campo che fuori di esso. Dopo Strouhal e Barus, Chassagny ⁴⁾ eseguì un'estesa serie di esperienze constatando che è bensì vero che la forza elettromotrice di una coppia ferro-rame, posta in un campo magnetico, varia al variare dell'intensità del campo, ma mentre da principio cresce fino ad un massimo per un campo di 55 unità, decresce poi in seguito al crescere dell'intensità del campo.

La ricerca più completa su questo argomento è senza dubbio quella di Houllevigue ⁵⁾; egli con numerosissime ed accurate esperienze arriva alla seguente conclusione: la forza elettromotrice di una coppia ferro-rame viene modificata da un campo magnetico, cresce dapprima fino ad un massimo e ritorna al suo valore normale in un campo di 350 unità e finalmente decresce.

Noi abbiamo cercato di constatare quale influenza abbia la magnetizzazione longitudinale sul valore dell'effetto Peltier in una saldatura ferro-rame e di vedere fino a qual punto i nostri risultati si accordino con quelli che si possono dedurre dalle

1) Dai Rend. della R. Accad. dei Lincei, vol. 8^o, ser. 5., fasc. 2, 2^o sem., 1899.

2) Phil. Trans. L. R. S. pag. 722, 1856.

3) Wied. Ann., 14, pag. 54, 1881.

4) C. R. 116, pag. 977, 1893.

5) Ann. de Chim. et de Phys. (7), 7, pag. 495, 1896.

esperienze di Houllevigue mediante la nota formula di Thomson che lega il coefficiente dell'effetto Peltier al valore della forza termoelettromotrice fra due metalli. Fra i metodi finora escogitati per la misura del coefficiente dell'effetto Peltier si scelse, come più adatto per queste esperienze, quello ideato dal sig. Straneo e da lui pubblicato nella Nota ¹⁾ *Sulla temperatura di un conduttore lineare bimetallico*. Non staremo qui a ripetere come il sig. Straneo arrivi alla misura del coefficiente dell'effetto Peltier mediante la considerazione di tutti i fenomeni termici che si producono in un conduttore lineare composto da due metalli, percorso da una corrente di data intensità, ossia: propagazione del calore nell'interno causata dalle conducibilità calorifiche interne, flusso di calore verso l'esterno attraverso la superficie di contatto coll'aria ambiente, effetto Joule, effetto Thomson, effetto Peltier. Si riporterà solo la formula finale ricordando che essa vale nel caso di un conduttore cilindrico composto di due metà uguali di diverso metallo, di cui le due estremità siano mantenute ad una temperatura fissa che si assume come origine, temperatura che si ammette essere uguale a quella dell'ambiente esterno, e nell'ipotesi che le variazioni massime di temperatura si limitino a pochi gradi di modo che si possa trascurare l'effetto Thomson.

La temperatura del conduttore così considerato tende, al crescere del tempo, ad uno stato stazionario; chiamando ΔU la differenza fra due temperature stazionarie nella saldatura per due direzioni opposte della corrente riscaldante, si giunge alla formula:

$$(1) \Delta U = 2 \frac{Pi}{q} \frac{(e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} - e^{\lambda_2 l_2})}{k_1 \lambda_1 (e^{\lambda_1 l_1} + e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}) + k_2 \lambda_2 (e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1})(e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2})}$$

dove P è il coefficiente dell'effetto Peltier, q è la sezione comune alle due metà del conduttore, i è l'intensità della corrente riscaldante, k_1 e k_2 sono rispettivamente le conducibilità

1) Rend. Acc. Lincei, 1898, 1° sem., pag. 346.

termiche interne dei due metalli di cui si compone il conduttore, l_1 , l_2 le loro rispettive lunghezze e

$$\lambda_1 = \sqrt{\frac{h_1 p}{k_1 q}} \quad \lambda_2 = \sqrt{\frac{h_2 p}{k_2 q}}$$

essendo h_1 e h_2 le conducibilità termiche esterne dei due metalli e p il loro comune perimetro. Dalla (1) si ha

$$(2) \quad P = \frac{q \Delta U [k_1 \lambda_1 (e^{\lambda_1 l_1} + e^{-\lambda_1 l_1}) (e^{\lambda_2 l_2} - e^{-\lambda_2 l_2}) + k_2 \lambda_2 (e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1}) (e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2})]}{2i (e^{\lambda_1 l_1} - e^{-\lambda_1 l_1}) (e^{\lambda_2 l_2} + e^{-\lambda_2 l_2})}$$

formula che permette il calcolo di P in funzione di k_1 , k_2 , h_1 , h_2 , i , q , p , ΔU .

Per realizzare le condizioni ai limiti richieste dallo sviluppo del sig. Straneo e far avvenire il fenomeno in un campo magnetico uniforme si operò così:

Il conduttore era formato da due cilindretti, uno di rame e uno di ferro chimicamente puri, saldati ad argento sul prolungamento l'uno dell'altro; le sue due estremità erano saldate a due cassette di rame munite di convenienti tubulature onde far circolare in esse dell'acqua corrente; l'aria circondante la superficie del conduttore era completamente avvolta da un doppio involucro cilindrico in ferro vicinissimo ad essa; fra le due pareti di questo doppio cilindro si poteva far correre la stessa acqua delle cassette di rame. Attorno alla cassetta di ferro era avvolto il filo accuratamente isolato formante un'elica magnetizzante composta da cinque strati di filo ed estendentesi lungo tutta la lunghezza del conduttore; il filo era tale da poter esser percorso anche da una corrente di 25 Ampère senza essere quasi riscaldato. La corrente riscaldante era fornita da due accumulatori accoppiati, mediante apposito commutatore poteva essere invertita, e veniva misurata mediante un amperometro ordinario; la corrente magnetizzante veniva data da una batteria di 12 accumulatori.

Le misure di temperatura erano eseguite mediante una piccolissima pila termoelettrica, una saldatura della quale era fissata nella saldatura ferro-rame e l'altra era messa in una provetta di vetro immersa, mediante apposita tubulatura, nel-

l'acqua corrente della cassetta di ferro avvolgente il conduttore.

Veniamo ora alle singole misure e alle precauzioni da usarsi nelle medesime.

Cominciamo dalla determinazione delle conducibilità termiche interne ed esterne dei due metalli. Trattandosi di quantità che variano da pezzo a pezzo dello stesso metallo, occorre conoscerle proprio per i due cilindretti con cui si voleva sperimentare. A ciò provvede un metodo ideato dallo stesso Straneo e da lui pubblicato nella Nota: *Sulla determinazione simultanea delle conducibilità termiche ed elettrica dei metalli a varie temperature*¹⁾, metodo che riusciva molto comodo, giacchè con esso si misuravano queste quantità nello stesso campo magnetico in cui poi si effettuavano le esperienze.

Una questione che si presenta subito qui è la seguente: La conducibilità termica interna e forse l'esterna vengono modificate dalla magnetizzazione; ora, trattandosi di misurare l'effetto Peltier in un campo magnetico, con un metodo che richiede la nozione esatta di quelle costanti, non bisognerà forse tener conto delle loro variazioni nella misura di P ? Per rispondere a questa domanda basta vedere quale influenza esercitino sul valore misurato del coefficiente dell'effetto Peltier piccole variazioni nelle k . Derivando opportunamente l_1 (2) e sostituendo alle varie costanti i loro valori approssimati, si vede che una variazione del valore di k per il ferro quale viene causata da una magnetizzazione longitudinale non ha alcuna influenza sensibile sul valore di P .

Le pile termoelettriche dovendo avere contemporaneamente una discreta sensibilità e una completa indifferenza rispetto al campo magnetico, furono costruite con fili sottilissimi di argentana ed argento. Dette pile venivano fissate a stagno per una saldatura al punto di unione dei due metalli componenti il conduttore. La calibrazione della pila avveniva senza dissaldarla, mediante un buon termometro; si operava così: si lasciava correre l'acqua nelle cassette per un certo tempo finchè si poteva esser sicuri che la saldatura ne avesse

1) Rend. R. Accad. dei Lincei 1893, 1° sem, pag. 197.

assunto la temperatura, e poi si riscaldava in modo noto l'altra saldatura libera, riscaldando colla mano la provettina di vetro piena di glicerina in cui essa era immersa, e che, nelle misure ordinarie, era fissata in modo da trovarsi per due terzi immersa nell'acqua della cassetta centrale.

La misura dell'intensità del campo magnetico nel punto della saldatura veniva effettuata mediante il noto metodo delle scariche indotte osservate al galvanometro balistico; la bobina adoperata era piccolissima e costruita in modo da poter essere adattata molto vicina al conduttore bimetallico nell'interno dell'elica magnetizzante.

Con questo metodo si aveva il vantaggio di compiere tale misura senza spostare tutto l'apparecchio e senza dover supporre la corrente magnetizzante costante, cosa di cui non si sarebbe stati sicuri nel caso che si fosse dovuto interrompere la corrente per un certo tempo onde disporre altrimenti l'apparecchio; di più non era necessario conoscere l'intensità della corrente magnetizzante.

Dalle misure ottenute si può concludere:

I. Il valore del coefficiente dell'effetto Peltier varia colla magnetizzazione; cresce dapprima fino ad un massimo valore 0,008968 corrispondentemente a un campo di 98 unità, poi decresce, ripassa pel suo valore normale in corrispondenza a un campo di 345 unità circa.

II. La formula dedotta dalle esperienze di Houllevigue colla formula di Thomson non rappresenta bene il fenomeno che fino a un campo di 700 unità.

III. La variazione del valore di P è indipendente dalla direzione della magnetizzazione. Infatti da esperienze appositamente istituite si vide che, raggiunta la temperatura stazionaria, le condizioni termiche del conduttore non mutavano affatto rovesciando la corrente magnetizzante.