

# Fusione fredda

## Un dibattito che prosegue

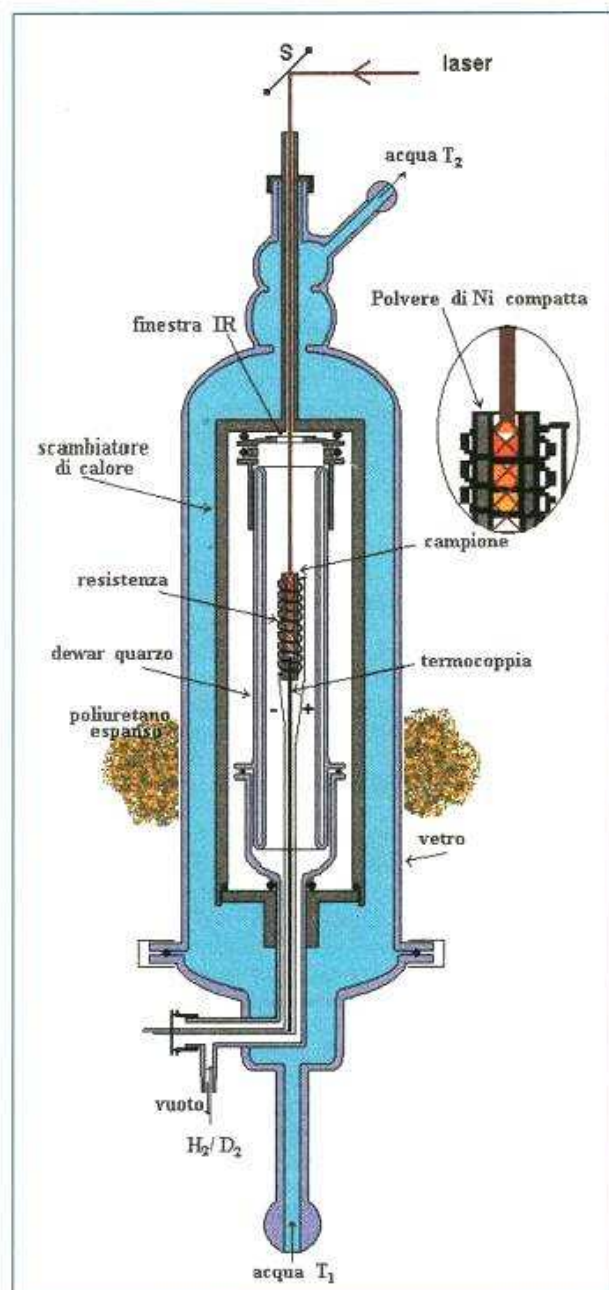
di Christos Stremmenos

Oltre al breve rapporto su una delle tante ricerche riguardanti i processi di interazione nei sistemi idrogeno/deuterio-metalli di transizione, nell'articolo, viene valutata l'esistenza e la natura dei vari inattesi effetti sporadicamente osservati. Vengono inoltre attribuite alla complessità del fenomeno, le cause principali della non riproducibilità di questi effetti e si discutono possibili interventi di carattere sperimentale che rimuoverebbero le incertezze strutturali sia statiche sia dinamiche del sistema.

Il riferimento al mio nome, nel numero di ottobre [1] de *La Chimica e l'Industria*, mi dà l'occasione di intervenire nel dibattito sulla fusione fredda, "raffreddata", a dieci anni ormai dall'inizio della storia, come sostiene con benevolo humour Luigi Garlaschelli in un onesto ed equilibrato articolo, pubblicato nel suddetto numero della vostra rivista. Senza entrare nel merito, della storia della fusione fredda, delle polemiche, dei giudizi o pregiudizi più o meno giustificati, che hanno caratterizzato la valutazione negativa di questo filone di ricerca, per lo più dai "non addetti ai lavori" o da quelli che si sono occupati marginalmente e in modo assai frettoloso di questa tematica, vorrei anch'io portare la mia esperienza personale, se non altro, per giustificare il motivo per cui continuo a lavorare su questo tema, senza considerarmi un "autolesionista" nel campo della ricerca.

### La cronaca di una ricerca

Dai primi anni Novanta mi sono cimentato, in collaborazione con il Prof. G.P. Cammarota, dell'Istituto di Metallurgia della mia Facoltà, sul tema "Caricamento di  $D_2$ , per via elettrolitica in ambiente alcalino ( $D_2O+0,1M$  di  $LiOH$ ), su lastre di Pd (catodo)". La lastrina da un lato veniva bagnata dall'elettrolita, mentre la superficie opposta era a contatto



Cella calorimetrica a flusso d'acqua

con la camera di ionizzazione di uno spettrometro di massa. Verificata nella camera, come era atteso, la presenza di  $D_2$  dopo un certo tempo, necessario per stabilire l'equilibrio di "flusso stazionario" del gas nel metallo, abbiamo in via preliminare proceduto, con qualche variante, alla ricostruzione dell'esperienza di Fleischman e Pons [2], avendo la prova che il caricamento del gas avviene nell'intera massa del metallo, nelle nostre condizioni sperimentali.

Le più significative varianti adottate, riguardavano la chiusura della cella nella quale i prodotti gassosi dell'elettrolisi venivano, con opportuno intrappolamento irreversibile, trascinati da un consistente flusso di argon che gorgogliava nell'elettrolita onde evitare formazione di miscele esplosive. La seconda variante riguardava l'alimentazione elettrica della cella: corrente continua a tensione costante (4 V), ma a intensità variabile ogni sei ore: (0,2 A/cm<sup>2</sup> e 4 A/cm<sup>2</sup> alternativamente).

Il sistema era fornito di sensori termici (termocoppie), sia sul campione che nel bagno elettrolitico come pure nel bagno esterno di termostatazione, rilevando i valori della temperatura che insieme alle variabili elettriche venivano registrati su carta, con continuità.

In queste condizioni, prese le dovute precauzioni di sicurezza, abbiamo avviato la nostra esperienza elettrolitica con il palladio che per diciotto giorni non ha presentato anomalie degne di rilievo.

Il diciottesimo giorno a circa 450 ore di funzionamento [3], il sistema è esploso nottetempo, riducendo in frammenti il vetro di un centimetro di spessore (un essiccatore con flangia inox fungeva da cella elettrolitica chiusa). Recuperato il campione di Pd disperso, abbiamo effettuato su di esso analisi EDS-WDS della sua superficie, diventata di colore nero opaco per la formazione di una pellicola consistente di ossido di Pd.

Ricostruita con le stesse caratteristiche la nuova cella elettrolitica, ricavando dalla stessa lastra di palladio il campione di forma e dimensioni identiche al precedente, abbiamo riattivato l'esperienza con notevole aumento del flusso di argon per escludere ogni eventualità di esplosione di natura chimica. Malgrado questi accorgimenti la nuova esperienza ha avuto la sorte della precedente, esplodendo in tempi paragonabili, con forte ossidazione della superficie del campione.

Nel terzo e ultimo tentativo, il sistema ha raggiunto la divergenza in tempi assai più brevi (4 giorni circa), con ogni probabilità, per lo stato altamente difettivo del campione, sottoposto intenzionalmente ad un'energica laminazione. In nessun caso i sensori termici hanno rilevato aumento della temperatura, probabilmente per l'alta velocità dell'evento e il contemporaneo brusco scollegamento dei fili, provocato dall'esplosione.

Risultava chiaro tuttavia, che sistemi così divergenti erano inadatti per uno studio sistematico e che comunque i vari indizi portavano ad un fenomeno assai più complesso di quello che si ipotizzasse inizialmente e quindi diveniva opportuno eliminare complicatissimi parametri elettrochimici optando per lo studio di più semplici sistemi interattivi Pd,  $D_2$  in fase gassosa.

Volendo seguire un protocollo di ricerca analogo al precedente, accertarsi cioè anche in questo caso della permeazione del deuterio nell'intera massa del metallo in condizione di caricamento non più per via elettrolitica ma per

via gassosa variando la pressione, abbiamo costruito un sistema analogo di due camere comunicanti attraverso un diaframma di Pd dove la prima veniva riempita di deuterio a pressioni variabili (0÷12 bar) e l'altra veniva evacuata fino a vuoto spinto.

Per rilevare il deuterio fluente tramite lastrina di Pd nella camera sotto vuoto, è stata usata non più la spettrometria di massa come nel precedente caso elettrolitico, ma la spettrometria Raman che oltre a rilevare il deuterio emergente dalla superficie metallica, permette eventualmente di studiare anche gli stati energetici interattivi nell'interfaccia del sistema gas-metallo, offrendo ulteriori elementi conoscitivi sulle vibrazioni del sistema assorbito in fase di rilascio.

Interessanti da parecchi punti di vista, sono stati i risultati di questa esperienza che hanno riconfermato la permeabilità del Pd anche in questo caso con deuterio gassoso, con tempi di isteresi analoghi al caso elettrolitico e hanno messo in evidenza l'interdipendenza a regime, tra i valori della pressione e le intensità di flusso del deuterio emergente dalla superficie opposta del campione.

Interessanti ma di difficile interpretazione sono stati gli spettri Raman della superficie interattiva con il deuterio emergente che hanno mostrato di aver struttura risonante selettiva probabilmente eccitata a stati vibrazionali non inquadrabili a modelli chimicamente definiti ma a sistemi labili quantizzati, degni comunque di uno studio più approfondito. Convinti di aver giustamente optato per la via "gassosa", nel condurre ricerche in questo campo, sia per la semplificazione dei parametri sperimentali che per la sensibilità ed elasticità delle metodiche, eravamo intenzionati a proseguire, con qualche remora, a caricamenti più spinti di deuterio nel Pd, per lo studio di eventuali anomalie termiche del sistema.

Le nostre reticenze derivano dalla considerazione che il caricamento del deuterio nel palladio è un processo esotermico e quindi è favorito a basse temperature, cosa che rende inutilizzabile qualsiasi eventuale eccesso di energia. Comunque la via barica di caricamento in equilibrio prevista dai diagrammi di stato, presenta due inconvenienti: non permette caricamenti fuori equilibrio termodinamico che sembrerebbero importanti e distrugge praticamente il campione per la formazione di cavità (blisters) più o meno grandi nell'intera massa.

Queste perplessità sono state largamente superate dal lavoro di Focardi, Habel e Piantelli, pubblicato nel frattempo [4], che metteva in evidenza la possibilità di avere anche altri sistemi non elettrolitici che presentano importanti anomalie termiche durante il caricamento del gas nel metallo.

I suddetti Autori hanno registrato un improvviso aumento della temperatura di alcune decine di gradi in una barretta di Ni che si trovava già ad una temperatura di circa 400 °C, durante il caricamento del metallo con idrogeno gassoso ( $H_2/D_2=10^4$ ) ad una pressione di circa 300-400 mbar.

L'ipertermia registrata persisteva nel tempo per mesi e mesi, accompagnata da un aumento del gradiente termico verso l'esterno che indicava appunto il flusso di energia termica in eccesso dall'apparato all'ambiente circostante ed inoltre in successive fasi di lavoro, hanno osservato radiazioni neutroniche e altri fenomeni di natura nucleare. Abbiamo intravisto, dal nostro punto di vista, in questo nuovo sistema iterativo, le ampie prospettive e possibilità di studio che si aprivano con la rimozione degli inconve-

nienti che abbiamo poc'anzi menzionato per il caso Pd, D<sub>2</sub> in fase gassosa; per citarne uno, il caricamento di H<sub>2</sub>/D<sub>2</sub> in Ni è un processo endotermico e quindi favorito ad alte temperature con tutto ciò che consegue.

Considerazioni su una serie di vantaggi sia sperimentali che teorici, ci hanno convinto di abbandonare per il momento il sistema Pd, D<sub>2</sub> e convertirsi allo studio di Ni-H<sub>2</sub>/D<sub>2</sub> in fase gassosa, avendo già a disposizione un'infrastruttura sperimentale di base.

Eviterei di descrivere per ovvie ragioni di spazio la replica, non sempre riproducibile, dell'esperienza con il nichel e della conferma dei sopracitati risultati ottenuta da noi in modo indipendente: infatti abbiamo confermato sia l'ipertermia e lo sviluppo di calore in eccesso misurato per via calorimetrica sia l'inattesa presenza di numerosi elementi gassosi nel plasma interattivo e solidi in microscopici crateri formati sulla superficie del campione in modo sporadico, largamente discussi in altra sede [5, 6].

### Valutazioni e alcune prospettive

A questo punto, mi limiterei ad una pausa di riflessione globale attorno alla tematica della fusione fredda o come altrimenti si vuol chiamare:

- anomalie di più o meno piccola entità e di vario genere (eccessi di calore, tracce di radiazioni, strane trasmutazioni ecc.) non sempre riproducibili, vengono in tutti questi anni, continuamente registrate con svariate tecniche, in varie parti del mondo, da un ormai piccolo numero di ricercatori (per mancanza di fondi e di «ritorno»);
- l'evidenza sperimentale, anche se così frammentaria, porta alla convergenza di pareri in buona fede che il fenomeno è reale e non può essere che di natura nucleare, accantonando per il momento le pregiudiziali di origine teorica;
- la non riproducibilità sistematica del fenomeno, non indica la sua inesistenza ma bensì la sua complessità;
- chi si occupa di questo argomento è in buona fede intimamente convinto della validità di questo filone di ricerca, da cui la persistenza di quei pochi «fedeli».

Per quello che mi riguarda malgrado la scarsità dei mezzi, intendo proseguire in questo campo di ricerca, nell'ambito delle mie competenze chimico-fisiche e spettroscopiche, per il momento con il più promettente sistema Ni-H<sub>2</sub>/D<sub>2</sub> in fase gassosa, impostando le varie fasi dello studio sperimentale nel senso dell'eliminazione di parametri strutturali sospetti di rendere occasionale il fenomeno.

Mi sarà consentito di occupare un po' di spazio ancora, per esporre le future, ma in fase di attuazione linee di ricerca, motivando la finalità dei vari interventi sperimentali, al fine di ricevere suggerimenti utili o sollecitare interessi latenti!...

Considerando che il caricamento per esempio di Ni con deuterio in fase gassosa, elimina una serie di parametri sperimentali, altrimenti presenti nel caricamento elettrolitico, rimangono tuttavia ancora delle variabili fluttuanti che non permettono il ripristino di condizioni ottimali per un caricamento efficace e riproducibile.

Tali variabili riguardano:

- 1) la struttura statica del campione dal punto di vista metallografico (dimensioni di grano, tessiture dei grani, stato difettivo ecc.);

- 2) lo stato dinamico del campione (dinamica vibrazionale del reticolo cubico ecc.);

- 3) lo stato di attivazione del gas interagente (stati di ionizzazione, stati di tripletto ecc.).

Ora, per quel che riguarda la struttura metallografica si sa che un campione metallico è un insieme di grani monocristallini di dimensioni variabili a differenti tessiture.

Eliminare almeno la variabilità nelle dimensioni del grano risulta possibile utilizzando delle polveri monocristalline e granulometricamente omogenee del metallo per la preparazione dei campioni in forme appropriate mediante compressione. Ciò comporta un aumento enorme di superficie interagente ed una distribuzione statistica omogenea sia delle varie tessiture, compresa quella più assorbente, sia dello stato difettivo del campione che, a parità della sua storia termica e meccanica, divengono così, percentualmente riproducibili.

La tecnica attuale di preparazione delle polveri mediante macinazione sotto vuoto, permette di ottenere dimensioni granulometriche che variano da alcuni μm per le microfasi fino al limite inferiore di 10-15 nm per le nanofasi e quindi la possibilità di poter preparare campioni in una vasta gamma granulometrica.

A parer mio risulta di fondamentale importanza il controllo e la riproducibilità dello stato dinamico reticolare del campione, sia in fase di assorbimento che in fase di innesco.

Con le attuali tecniche di riscaldamento mediante resistenza elettrica più o meno incandescente (emissione del corpo nero) questo diviene per sua natura un'ardua impresa.

Superare questa difficoltà creando nel campione stati reticolari vibrazionalmente definiti sia in frequenza che in ampiezza potrebbe essere un passo avanti determinante dell'intera questione della fusione fredda.

Rimane ancora aperto il problema dell'ottimizzazione dello stato del plasma interattivo (idrogeno, deuterio) che cercheremo di raggiungere empiricamente, mediante per esempio eccitazione a microonde, campi magnetici ecc.

In chiusura di questo modesto contributo alla discussione, parafrasando le ultime parole del articolo di Garlaschelli, direi che «con l'ottimismo della volontà e il limitato ottimismo della ragione», si mantiene «il bicchiere» della fusione fredda «mezzo pieno e non mezzo vuoto». ♦

### Bibliografia

- [1] L. Garlaschelli, *Chimica e Industria*, 1998, **80**, 1073.
- [2] M. Fleischman, T. Pons, *Electroanal. Chem.*, 1989, **261**, 301.
- [3] S. Fountoulakis, Diffusione dell'idrogeno e del deuterio nel palladio, Tesi Dottorato di Ricerca in Ingegneria Metallurgica (pag. 146), Università di Padova, VII Ciclo Triennio 1991-94.
- [4] S. Focardi, R. Habel, F. Piantelli, *Nuovo Cimento*, 1994, **107A**, 163.
- [5] A. Rizzo, Comportamento termico del nichel caricato di H<sub>2</sub> gassoso e modifiche strutturali del sistema, Tesi di Laurea Sperimentale, Università di Bologna, A.A. 1995-96.
- [6] G.P. Cammarota, W. Colis, A. Rizzo, C. Stremmenos, A flow calorimetry study of the Ni/H system, III Workshop on Cold Fusion, Asti, 27-30 novembre 1997.