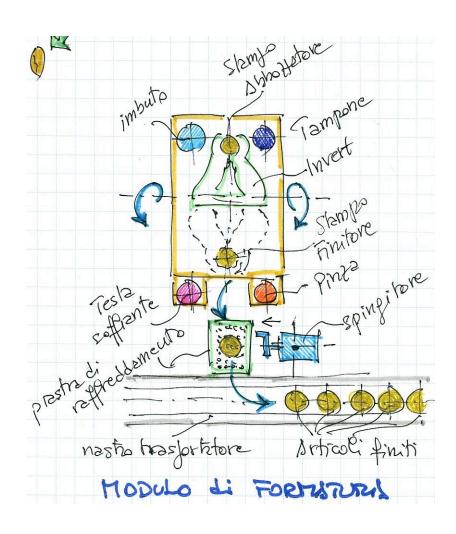
L'EVOLUZIONE DELLA TECNOLOGIA DELLA LAVORAZIONE DEL VETRO CAVO

Vittore Giraudo Via del Passatore 224 Fraz. Passatore 12100 CUNEO www.vprog.it



indice

Paragrafo	Argomento	Pagina
1	Presentazione	3
2	Informazioni generali sul vetro	4
3	Le modalità di lavorazione del vetro nel tempo	6
4	Il Vetro piano	8
5	Il Vetro cavo	10
6	Il ciclo generico di produzione di articoli di vetro cavo	17
7	IL ciclo di produzione automatica di articoli di vetro cavo	18
8	1980 – 2009: L'epoca della produzione contemporanea	20
9	Le tappe dell'evoluzione dell'era Contemporanea: riepilogo	21
10	Produttività a confronto	22
11	Il modo in cui ha avuto luogo l'espansione dell'automazione	23
12	La progettazione: risvolti tecnologici ed umani	39
13	L'influenza dell'evoluzione tecnologica sul Design	43
14	L'elenco dei brevetti sviluppati	47
15	Frontespizio di alcuni brevetti depositati	49

1

Presentazione

Con la presente trattazione, si intende illustrare l'evoluzione della tecnologia della lavorazione del vetro.

Nel caso specifico, dopo una parte di carattere generale, si approfondirà la storia dell'evoluzione di tale tecnologia, riferendosi all'area individuata col nome di "Vetro Cavo"; come intuibile, tale dicitura si riferisce ai processi che riguardano la produzione di qualsiasi tipo di articolo avente forma cava, ottenuto con metodi di soffiatura, o con metodi di pressatura e soffiatura, o con metodi di sola pressatura.

Si è scelto di approfondire tale settore, in quanto chi scrive vi ha operato in qualità di responsabile dell'area di Ricerca & Sviluppo di un'azienda Italiana, leader nella progettazione e costruzione di Impianti e macchinari per la lavorazione del Vetro. In particolare, verranno descritte le innovazioni introdotte nel settore, durante tale attività professionale.

E' interessante ricordare di come il principio di produzione mediante soffiatura, utilizzato a partire dal 2° secolo a.C., sia il medesimo tuttora applicato, e perfezionato, su scala industriale; così pure, per le ragioni che vedremo, è importante evidenziare di come l'innovazione interna del medesimo principio produttivo, abbia a sua volta seguito tempi di evoluzione notevolmente differenti, se confrontati ai tempi di evoluzione della altre tecnologie. Dal punto di vista tecnologico, sono infatti individuabili le seguenti 3 epoche di innovazione omogenee:

200 a.C. – 1920 d.C.: L'era della produzione classica 1920 d.C. – 1980 d.C.: L'epoca della produzione moderna 1980 – 2009: L'epoca della produzione contemporanea

Si fa notare di come la prima abbia avuto una durata notevole, nonostante la tumultuosità non soltanto tecnologica delle epoche attraversate; nella seconda, invece, sono stati espressi e concentrati, con un secolo di ritardo rispetto alle altre tecnologie, i principi fondanti dell'epoca della Rivoluzione industriale. Per quanto riguarda la terza epoca, essa rappresenta la fase nella quale si è sviluppata l'introduzione dell'elettronica e dell'automazione; permeando il settore, come vedremo, di quel particolare ed inpensato tipo di creatività tecnologica che esse permettono.

Informazioni generali sul vetro

A fini di maggior comprensibilità, si ritiene utile fornire in apertura, alcune informazioni generali relative al vetro; esse consentiranno di apprezzare in modo rapido e sintetico, man mano che si proseguirà nella lettura, le ragioni della peculiarità, della preziosità e della stupefacente modernità che tale semplice materiale ha mantenuto attraverso i secoli.

Composizione del vetro

I componenti del vetro sono indicati nella seguente tabella; si noti di come sia molto elevata la possibilità di reintegrare nel prodotto nuovo, una notevole percentuale (46 %) di vetro già utilizzato. A questo proposito si ricorda di come questo sia un valore medio; vi sono casi in cui, infatti, a fronte di una più elevata selezione del materiale usato, si produce vetro nuovo utilizzando come componente il 70 % di vetro usato. In Germania, paese particolarmente attento a tali aspetti, sono collocate alcune aziende all'avanguardia in tale settore. Tra di esse, la Oberland Glas / Saint Gobain (Bad Wurzach, Stoccarda).

Sand	SiO2	30%
Soda Ash	Na2CO3	10%
Aragonite	CaCO3	9%
Feldspar	SiO2-Al2O3	4%
Salt	NaCl	0.4%
Recycled Glass	(cullet)	46.6

For glass coloring, various different metal salts are added at very low overall concentrations.

Modernità, affidabilità e compatibilità ambientale del vetro

When glass is made it is heated to around 1600 degrees Celsius, thus killing off any bacteria. Also, organic chemicals that might be present in the recycled glass are burned. This is why glass is used to pack products of premium quality – because no contamination from the packaging occurs. Glass is elegant, and glass packaged products stand out. With many unique shapes, glass containers give your product identity and character. And glass is fully recyclable: a glass bottle can be remade into a new, clean glass bottle. This is why glass is a truly environmentally friendly material – now and in future.

(fonte: www.emhartglass.com)

Proprietà principali del vetro

Consumer's Favorite	Ideal Manufacturing	A Sustainable and Healthy Material
natural pure highly aesthetic inert optimal taste and smell protection of the filled product humidity and heat resistant	inexpensive freedom of design (versatile shapes, multiple colors, multiple cap and closure options) sterile aseptic antistatic high chemical resistance pressure resistant innovation friendly	100% recyclable reusable pure inert ultimate protection of filled goods long shelf life hermetic sealing properties environmentally safe made from natural and abundant raw materials

(fonte: www.emhartglass.com)

Approfondimenti

Ellis, W. S. (1998). Glass: From the First Mirror to Fiber Optics, the Story of a Substance That Changed the World. New York, AVON BOOKS.

Pfaender, H. G. (1996). Schott Guide to Glass. London, Chapman & Hall.

Shelby, J. E. (2005). Introduction to Glass Science & Technology. Cambridge, The Royal Society of Chemistry.

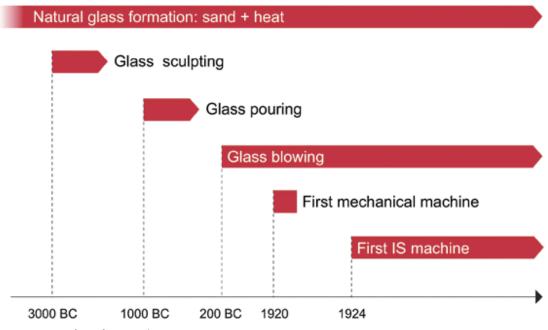
Macfarlane, A. and G. Martin (2002). Glass: A World History. Chicago, The University of Chicago Press.

Robertson, G. L. (2006). Glass Packaging Materials. in: Food Packaging: Principles and Practice. Boca Raton, CRC Press.

(fonte: www.emhartglass.com)

Le modalità di lavorazione del vetro nel tempo

A scopo indicativo, si presenta qui di seguito un grafico temporale, nel quale sono indicati i metodi di lavorazione, in funzione dell'epoca storica.



(fonte: www.emhartglass.com)

Commenti

Come si può notare, le prime tracce di lavorazione del vetro sono da farsi risalire al terzo millennio a.C.; in particolare, esse si riferiscono a lavorazioni che si limitavano all'ottenimento di manufatti, mediante laboriose azioni di sculturazione meccanica di masse di vetro allo stato solido. Attorno al primo millennio a.C., si perfezionano alcune tecniche di lavorazione, che prevedono già la conformazione manuale di masse di vetro allo stato fuso. La tecnica di produzione di oggetti per soffiatura del vetro, di cui ci occuperemo in modo più approfondito, secondo gli storici sarebbe invece iniziata addirittura oltre 2200 anni fa, verso l'anno 200 a.C., affinandosi nella metodologia nei secoli, ma rimanendo sostanzialmente immutata nel principio sino ai giorni nostri.

L'antichità: un unico metodo produttivo per qualsiasi tipo di manufatto

Nell'antichità, la metodologia di produzione dei manufatti era la medesima, indipendentemente dal fatto che essi fossero manufatti piani (vetri piani, od oggetti similari, componenti di vetrate, ecc.), o di manufatti cavi (bottiglie, contenitori, ecc.); i manufatti piani, infatti, erano ottenuti mediante il prolungamento del ciclo di produzione tipico dei manufatti cavi. Mediante il soffiaggio e la contemporanea manipolazione manuale della massa vetrosa, si ottenevano delle bocce cave opportunamente deformate, che, mantenute nella fase plastica, venivano rapidamente tagliate, aperte, deformate e distese su superfici piane, fino ad ottenere delle lastre di forma quasi regolare. Tali operazioni erano eseguite grazie ad un abile uso di appositi utensili a forma di spatole, pinze, ecc.; ancora oggi, vi sono piccolissime vetrerie artigianali, le quali utilizzano tale

metodo per produrre lastre di vetro, da utilizzare ad esempio, per restauri di vetrate antiche nelle cattedrali, o per la costruzione di nuove vetrate dalle caratteristiche antiche.

La nascita della distinzione tecnologica tra il Vetro piano ed il Vetro cavo

Nel tempo, anche per ragioni di ampliamento dei mercati di destinazione, si intensificò la ricerca di metodi di produzione che consentissero la produzione di articoli di vetro piano, aventi migliori caratteristiche qualitative, dimensionali, ed estetiche; per la produzione di manufatti piani di dimensioni ridotte, iniziò il perfezionamento della tecnica dello stampaggio manuale, che consisteva appunto nell'utilizzare delle matrici, entro le quali veniva colata e pressata la massa di vetro fuso.

Questa situazione di deriva, negli ultimi due secoli, ha condotto a lenti divaricamenti di processo, ed al conseguente sorgere di sempre più marcate differenze di tecnologia, a seconda che si producessero appunto articoli di Vetro piano oppure di Vetro cavo.

Il Vetro piano



L'area del Vetro piano, a sua volta, per ragioni di omogeneità di processo, si è in seguito ulteriormente specializzata ed automatizzata, scomponendosi nel tempo in due aree tecnologiche autonome principali, anche geograficamente distinte, ma dipendenti ed interconnesse:

- Impianti automatizzati per la produzione per fusione del vetro in lastra (processo che implica alte temperature di esercizio, in quanto la temperatura di fusione del vetro è dell'ordine dei 1600 °C).
- Impianti per la seconda lavorazione del vetro finito in lastra; tali processi avvengono a temperatura ambiente od a temperature il cui ordine di grandezza è di alcune centinaia di °C.

L'evoluzione della tecnologia di produzione del Vetro piano

La tecnica di produzione, come si è accennato, iniziata con la produzione di bocce soffiate e formate a mano, tagliate e distese su superfici piane, fino ad ottenere delle lastre, si è gradualmente evoluta nel tempo, perseguendo l'intento di soddisfare le sempre più ampie necessità abitative, edilizie e decorative delle epoche attraversate; in modo parallelo, tale sviluppo si è orientato poi verso il soddisfacimento delle necessità puntuali, connesse con lo sviluppo applicativo vertiginoso, proprio dell'epoca della Rivoluzione industriale. Una successiva spinta congiunta e reciproca alla specializzazione, si è verificata con lo svilupparsi delle tecnologie industriali tipiche del secolo scorso, quali l'industria dei trasporti, dell'arredamento, degli elettrodomestici, ecc.; nel tempo, sono stati quindi sviluppati sistemi di produzione in grado di realizzare lastre in vetro sempre più grandi, precise, resistenti, arrivando alla progettazione di forni in verticale, e poi dei forni attuali, in cui la lastra incandescente, della larghezza di alcuni metri, fuoriesce in modo continuo ed automatizzato, 24 su 24, nei quali il vetro si modella e si rifinisce in modo autonomo, per scorrimento e galleggiamento su bagni di metallo fuso, senza alcun intervento umano di manipolazione.

In parallelo all'evoluzione del ciclo produttivo del vetro piano, che implica il dominio di tecnologie e materiali in grado di sopportare temperature ambientali elevatissime, si sono specializzate tecnologie altrettanto ingegnose, per la conseguente trasformazione (detta anche "seconda lavorazione"), delle lastre di vetro finite; esse sono state sviluppate al fine di permettere la produzione, il taglio, il troncaggio, la molatura, ecc., di vetri caratterizzati, quali i vetri antisfondamento, i vetri accoppiati e separati da un film plastico anti-frantumazione, i vetri blindati, i vetri curvati ad uso automobilistico, ecc..

A questo proposito di sottolinea di come in questa area, la velocità di innovazione sia stata rapidissima; e questo in quanto l'uguaglianza delle condizioni ambientali di destinazione, ha consentito un massiccio trasferimento tecnologico dell'automazione utilizzata nelle aree più evolute delle industria trainanti (Automotive, ecc.).



MACCHINE DI TAGLIO E DI MOLATURA



Il Vetro cavo



L'area del Vetro cavo, con velocità differenti rispetto a quanto verificatosi nel settore del Vetro piano, ha percorso anch'essa la via della specializzazione; in primo luogo, essa ha esteso le proprie competenze, oltre che verso la fabbricazione di bottiglie, anche verso la produzione di nuovi oggetti in vetro aventi forma cava, o assimilabile ad essa (contenitori, bicchieri, fiale, stoviglie, bulbi per lampade, provette, isolatori elettrici, oggetti tecnici, e simili). Anche in questo caso, ovviamente, essa ha cercato di inglobare, estendere ed adattare a suo vantaggio, i medesimi principi di automazione, tipici delle contigue generiche produzioni industriali; tali compenetrazioni si sono però sviluppate in modo molto limitato e non immediato, a causa delle comprensibili difficoltà, connesse all'elevata temperatura di manipolazione, richiesta per la lavorazione di articoli di vetro cavo. Nel tempo, così come nel settore del Vetro piano, anche in tale settore si sono sviluppate tecnologie satelliti, che hanno perfezionato le modalità di lavoro relative alle fasi precedenti la fase di formatura (cioè le fasi di preparazione, miscelazione, fusione e convogliamento della massa di vetro fuso da trasformare in articolo di vetro cavo), ed alle modalità di lavoro relative alle fasi successive alla formatura (ricottura, controllo di qualità, decorazione, imballo, stoccaggio).

Si noti di come, a differenza del settore del Vetro piano, nel settore del Vetro cavo, per ovvie ragioni di costo, di controllabilità, di continuità e di feed-back immediato sul processo, le fasi successive alla formatura, in teoria assimilabili alle cosiddette Seconde lavorazioni del Vetro piano, siano tuttora realizzate nel medesimo sito produttivo, e non, come invece è avvenuto nel caso delle Seconde lavorazioni del Vetro piano, trasferite in altre sedi anche collocate in siti geografici lontani.

Cenni storici sull'evoluzione della tecnologia di produzione di articoli di Vetro cavo

Nel grafico "Le modalità di lavorazione del vetro nel tempo", è stata schematizzata l'evoluzione, relativa alla lavorazione del vetro in genere, nel tempo; essa viene qui di seguito ulteriormente sviluppata, con riferimento al settore della produzione di articoli di Vetro cavo.

200 a.C. - 1920 d.C.: L'era della produzione classica

Alla luce di quanto diremo, data la sostanziale stabilità dei principi applicati, si ritiene possibile l'identificare col nome di Produzione classica, quella modalità di produzione di articoli di Vetro cavo che, come accennato, già sperimentata a partire dal secondo secolo a.C., si protrarrà addirittura sino agli anni attorno al 1920.

Come noto, il principio di produzione mediante soffiaggio, elaborato a partire dal secondo secolo a.C., consiste nel preparare una massa di vetro fuso all'interno di un forno / crogiolo (come già accennato, la temperatura di fusione del vetro è dell'ordine dei 1600 °C), nell'estrarne una quantità calibrata, e nel soffiarvi all'interno, fino all'ottenimento del contenitore avente la forma desiderata. Come ancora avviene nel settore artistico, l'operazione di soffiatura era in genere eseguita mediante un tubo e mediante i polmoni del mastro vetraio, purtroppo, con le devastanti conseguenze sulla salute del medesimo. Oppure, poteva essere eseguita mediante l'ausilio di semplici mezzi pneumatici, diventati nel tempo sempre più elaborati. La sagoma dell'articolo da produrre, poteva e può essere ottenuta in modo libero, cioè grazie alla rapida combinazione delle abilità di soffiatura e manipolazione del vetraio; oppure, ad esempio, nel caso di produzioni diventate sempre più automatizzate, mediante l'utilizzo di stampi, composti da almeno 2 semigusci, contenenti ciascuno metà dell'impronta del contenitore che si desiderava produrre.

Occorre sottolineare di come l'esperienza secolare nella fabbricazione di oggetti in vetro, abbia dimostrato che l'aspetto empirico e di abilità di manipolazione e contemporanea soffiatura, percorre e domina in modo importante lo svolgimento delle operazioni di formatura, dal suo nascere ad oggi; tali operazioni debbono essere infatti eseguite in un arco di tempo brevissimo (alcuni secondi), in modo da intervenire nel transitorio di fase fluida, corrispondente ad una certa temperatura, che l'esperienza indica come la più adatta al fine ottenere un determinato tipo di oggetto cavo. La temperatura ideale di manipolazione, ed il relativo brevissimo arco di tempo entro il quale eseguirla, sono infatti funzione di molti parametri, quali il peso, lo spessore delle pareti da ottenere, la complessità di forma, il tipo di vetro, (bianco, colorato), gli additivi contenuti, ecc.. L'insieme di tali situazioni al contorno, ha fatto sì che la tecnologia di produzione del vetro cavo, attraversasse sostanzialmente in modo indenne da notevoli variazioni, anche l'epoca che nel recente più ha contribuito al rinnovamento globale degli usi, dei costumi e dei consumi sociali; e cioè, l'epoca della cosiddetta Rivoluzione Industriale.

In seguito, il sussistere di tali inscindibili e rigidi vincoli fisico / chimico / temporali, ha quindi impedito che, nella successiva epoca dell'organizzazione del lavoro industriale (che vide l'evolversi e l'estendersi delle teorie di Taylor, Ford, Fayol, Stakanov), il processo produttivo potesse essere intaccato e parcellizzato in modo fondamentale; cosa che invece si manifestò, indipendentemente dal genere, in quasi tutti gli altri settori produttivi. Come si dirà ora, si devono attendere infatti gli anni successivi al 1920, prima di poter osservare la nascita di un fenomeno di mutazione tecnologica, assimilabile a quello che, in biologia, viene identificato come un endemico ed evidente salto di specie; in conclusione, si ritiene possibile sostenere che, per il settore del Vetro cavo, la Rivoluzione industriale sia iniziata in ritardo ma con risultati meravigliosi, nel 1920.

1920 d.C. – 1980 d.C.: L'epoca della produzione moderna

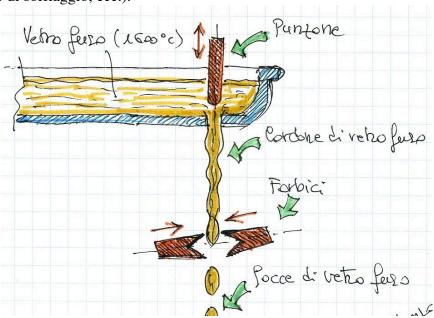
Col nome di produzione moderna, identifichiamo quella modalità di produzione industriale, i cui primi semi vennero lanciati attorno agli anni 1900, e di cui le conseguenti relative colture, iniziate verso il 1920, permettono ancora oggi immense ed insperate raccolte di frutti. In sostanza, negli anni precedenti, dato il notevole sviluppo ed ampliamento dei mercati, l'industria del vetro ha gradualmente esplorato, sempre in modo guardingo, i moltissimi rivoli di innovazione, apertisi in seguito alla diffusione di nuove tecnologie provenienti da altri settori confinanti.

Per semplicità e per evitare diramazioni superflue, ci riferiremo alla descrizione degli impianti destinati alla produzione dell'articolo più diffuso, e cioè alle cosiddette bottiglie; è necessario precisare che la forma quasi chiusa, che ingloba appunto il cosiddetto "collo di bottiglia", richiede l'adozione di un principio di formatura più complesso. In realtà, i medesimi impianti, con lievi intuibili semplificazioni, che non descriveremo, sono comunque rapidamente trasformabili ed utilizzabili anche per la produzione di articoli con forme cave meno "chiuse", quali i bicchieri, i vasetti, ecc., e con l'adozione di un metodo di formatura semplificato.

La necessità di stabilità delle caratteristiche fisico / chimiche / dimensionali / di forma, ottenuta mediante l'invenzione del meccanismo di preparazione automatica di gocce di vetro fuso



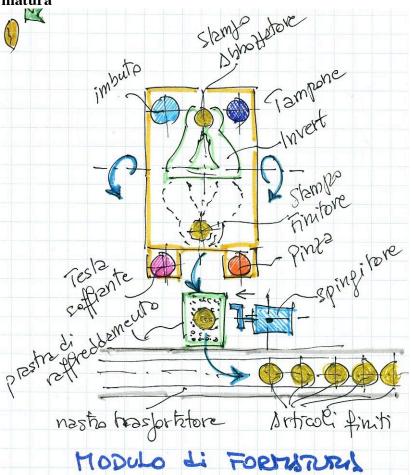
1900 - 1920: La svolta fondamentale avviene durante questo ventennio, quando negli Stati Uniti viene gradualmente inventata, perfezionata e completata, una modalità meccanica / pneumatica semi-automatica estremamente ingegnosa; essa permette di fornire, con cadenza regolare, delle porzioni di vetro fuso dalle caratteristiche fisico / chimiche / dimensionali / di forma estremamente stabili, in sostituzione dei precedenti metodi meno precisi, quali il pescaggio, o l'aspirazione. Quale benefica ricaduta, tale condizione permette a sua volta la definizione sempre più precisa, dei parametri di formatura dell'articolo di vetro cavo da produrre (durata, pressione dell'operazione di soffiaggio, ecc.).



L'invenzione del Modulo di formatura: la regolarità della ripetizione continuata del ciclo produttivo, come garanzia della stabilità delle condizioni termiche ideali per l'ottenimento di un prodotto in vetro soffiato di qualità

1924: A cascata, tale situazione di stabilità dei parametri produttivi, favorisce l'invenzione ed il perfezionamento di un altrettanto ingegnoso gruppo meccanico / pneumatico semi-automatico (che d'ora in poi chiameremo Modulo di formatura), il quale a sua volta ripete con cadenza regolare le medesime operazioni che il mastro vetraio eseguiva nel gonfiare la massa di vetro fuso; in esso, la goccia di vetro fuso vi entra per gravità, e, pochi secondi dopo, vi esce in forma di bottiglia finita. Il vetraio, agendo sui dispositivi di temporizzazione, deve soltanto insegnare al Modulo di formatura come comportarsi, ed occuparsi delle fasi precedenti e successive.

Il Modulo di formatura



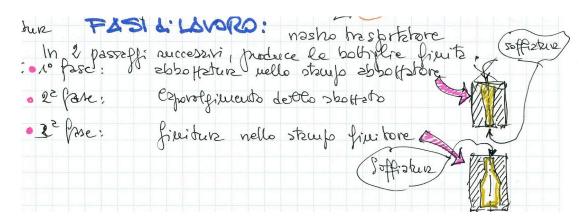
Il Modulo di formatura è composto da un parallelepipedo di ghisa (altezza circa 500 mm, larghezza 21 pollici – 533,4 mm, profondità circa 1000 mm), sul quale sono collocati i meccanismi pneumatici che indicheremo; essi sono sincronizzati per via pneumatica / meccanica, ed ognuno di essi compie un'operazione estratta tratta dalla somma delle operazioni compiute dal mastro vetraio.

A conferma della condivisione e della qualità dell'impostazione dimensionale originaria, ancora oggi in tutto il mondo si utilizzano le medesime dimensioni decise allora dagli inventori, ed

espresse in pollici. E questo anche nei Paesi Europei, ove è ufficialmente in uso il sistema metrico.

Lo sdoppiamento del ciclo di formatura all'interno del Modulo di formatura

Prima di descrivere tali meccanismi, occorre premettere che, a fini di semplificazione del processo, ed al fine di dimezzare il tempo ciclo totale di produzione, il ciclo di gonfiaggio è stato distinto in due fasi successive, aventi circa la stessa durata:



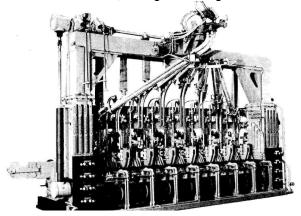
- 1a fase: Abbozzatura la goccia di vetro fuso viene gonfiata in uno stampo, detto Abbozzatore, il quale provvede a dare una forma intermedia, ed a formare completamente la parte del collo della bottiglia.
- 2° fase: Finitura la bottiglia, ancora incandescente ed avente un forma intermedia, viene estratta dallo stampo Abbozzatore, capovolta, infilata nello stampo finitore, e gonfiata fino alla forma finale.

I meccanismi che compongono il Modulo di formatura, e che asservono alla formatura Questi sono i meccanismi che asservono in modo semi-automatico sequenziale, alle fasi di Abbozzatura e Finitura:

- Mecc. Imbuto, meccanismo che facilita l'imbocco di ogni goccia calibrata di vetro fuso, nel relativo stampo abbozzatore
- Mecc. Tampone, meccanismo che occlude la parte superiore dello stampo abbozzatore, durante la fase di formatura dell'abbozzato
- Mecc. Stampo abbozzatore, meccanismo composto da 2 semi stampi, all'interno del quale, per soffiaggio, si produce lo sbozzato della bottiglia e la formatura del collo
- Mecc. Invert, meccanismo che esegue il trasporto dello sbozzato dallo stampo abbozzatore allo stampo finitore
- Mecc. Stampo finitore, meccanismo composto da 2 semi stampi, all'interno del quale, per soffiaggio, si produce la forma finale della bottiglia
- Mecc. Testa soffiante, meccanismo che produce il gonfiaggio finale della bottiglia
- Mecc. Pinza, meccanismo che esegue il trasporto della bottiglia finita incandescente, dallo stampo finitore alla piastra di raffreddamento
- Piastra di raffreddamento, meccanismo che esegue un primo raffreddamento pneumatico controllato della bottiglia finita, in modo da garantirne la successiva manipolabilità

Appena raggiunta la condizione di stabilità, le bottiglie vengono prelevate dal vetraio con appositi utensili, e collocate in un'area a temperatura controllata, destinata ad eseguirne il raffreddamento lento e controllato (Ricottura), dai 600 °C alla temperatura ambiente, ed evitare il sorgere di pericolose tensioni superficiali.

La nascita della Macchina di formatura, composta da più Moduli di formatura



1927: in tre anni (un lasso di tempo estremamente breve, data l'epoca e la complicatezza dei meccanismi), l'invenzione, certamente ispirata alle teorie Tayloristiche dell'organizzazione del lavoro, viene ampliata:

- si affiancano 4 Moduli di formatura,
- si pongono su un basamento,
- si collocano alle loro spalle, dei tamburi con delle protuberanze (simili ai tamburi dei carillon), per attivare ed arrestare le valvole pneumatiche,
- si colloca sul lato anteriore un nastro trasportatore per evacuare le bottiglie appena prodotte,
- si collocano in alto dei canali che portano ognuno una goccia verso ogni Modulo di formatura,
- si applica un meccanismo pneumatico che distribuisce ogni goccia in ogni Modulo di formatura con una successione prestabilita,
- si collegano tutti questi organi ad un unico motore, che ha il compito di fare funzionare tutta la macchina di formatura, e di mantenerne la sincronizzazione.

Nasce così il primo impianto automatico di produzione di articoli di Vetro cavo, il cui principio di funzionamento è tuttora insuperato, accettato ed apprezzato in tutto il mondo.

Le basi dello sviluppo futuro

Nel tempo, le necessità produttive hanno portato ad aumentare gradualmente il numero di Moduli di formatura affiancati, sino ad arrivare, negli anni '90, ad avere Macchine di formatura composte da 12 sezioni affiancate, e poi macchine composte a loro volta da due macchine disposte nella cosiddetta formazione in "tandem 8 + 8", dotate ciascuna da 8 Moduli di formatura, in serie. Come intuibile, la realizzazione di tali configurazioni ad alta produttività specifica, portatrici di problemi di sincronizzazione sempre più complessi, sono state possibili grazie all'apporto risolutivo dell'elettronica, di cui diremo.

Una parentesi di singolare raffinatezza: la produzione per forza centrifuga

Oltre al metodo di produzione di articoli cavi per mezzo di soffiaggio, che è considerato oggi il metodo più diffuso, sono state sviluppati altri sistemi; tra essi vale la pena accennare alla tecnologia in cui, per la produzione di alcune tipologie di articoli, la forma cava viene ottenuta portando in rotazione ad alta velocità per alcuni secondi, uno stampo nel quale è stata collocata una ben definita quantità di vetro fuso. La forza centrifuga fa aderire il vetro fuso alle pareti dello stampo, il quale, raggiunta la temperatura di stabilità fisica dell'articolo (circa 600 °C), si apre, consentendo così l'estrazione dell'oggetto cavo; a questo proposito, si osserva di come questa tecnica presenti la caratteristica, coi relativi vantaggi e svantaggi, di concentrare la produzione in un colpo solo in uno stampo unico. A differenza di quanto avviene invece negli impianti a gonfiaggio pneumatico, non vi è il trasferimento dell'articolo in costruzione dallo stampo di abbozzatura a quello di finitura; e questo con vantaggi di qualità connessi alla non interruzione di processo, e svantaggi economici conseguenti al dimezzamento della produttività dell'impianto.

Si osserva di come la raffinatezza nella specializzazione dei metodi produttivi, in casi come questo, abbia raggiunto livelli molto sofisticati, avvicinando la produzione vetraria al concetto di arte, detenuta dall'antico mastro vetraio; infatti, ove gli aspetti estetici siano particolarmente importanti, utilizzando questa tecnologia rotativa, si producono oggetti nei quali non è più visibile la linea di giunzione delle parti in cui è composto lo stampo. Questo effetto è ottenuto agendo automaticamente nei pochi millisecondi che precedono la fase di apertura dello stampo, tenendo fermo l'oggetto ancora incandescente all'interno dello stampo in fase di decelerazione; in questo modo, lo slittamento relativo tra l'articolo in vetro incandescente e lo stampo, genera un effetto di spalmatura e di cancellazione del segno di giunzione tra gli stampi. Così che l'articolo appare come se fosse stato ricavato per soffiaggio libero, senza stampo, dal mastro vetraio.

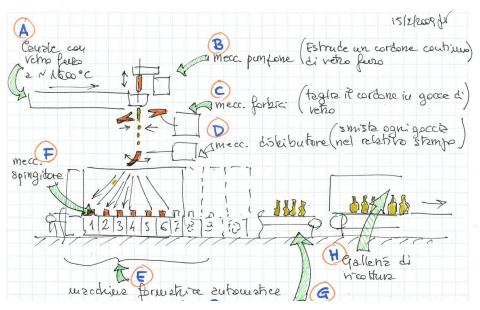
IL CICLO GENERICO DI PRODUZIONE DI ARTICOLI DI VETRO CAVO

Alla luce della dinamica evolutiva descritta, si ritiene utile eseguire un approfondimento, per tratteggiare quali siano le fasi omogenee in cui è scomposto il ciclo si produzione di articoli in vetro cavo; e questo soprattutto perché esso (le cui prime versioni, come si è detto, risalgono a 2200 anni fa), risulta essere ancora attuale, valido ed utilizzato appunto su scala industriale.

Al fine di comprendere poi il grado di complessità di pensiero innovativo contenuto nella tecnologia appena descritta, sviluppata tra il 1900 ed il 1920, viene di seguito rappresentato in modo esploso, il medesimo ciclo di produzione generale, indicando per ciascuna fase, quali siano i componenti tecnologici ideati in tale ventennio, e che hanno sostituito le attrezzature egli utensili utilizzati in precedenza dal vetraio tradizionale.

- 1- PREPARAZIONE DELLE MATERIE PRIME
- 2- FUSIONE DEL VETRO
- 3- ALIMENTAZIONE DEL VETRO FUSO VERSO L'AREA DI FORMATURA
- 4- FORMATURA
- 5- TRATTAMENTO DI RICOTTURA
- 6- CONTROLLO DELLA QUALITA'
- 7- IMBALLAGGIO
- 8- STOCCAGGIO
- 9- DISTRIBUZIONE

IL CICLO DI PRODUZIONE AUTOMATICA DI ARTICOLI DI VETRO CAVO



1- PREPARAZIONE MATERIE PRIME

- Silos delle materie prime,
- Nastri trasportatori,
- Sistemi di dosatura

2- FUSIONE DEL VETRO

- Forno fusore

3- ALIMENTAZIONE DEL VETRO FUSO

- Canale di scorrimento lento, per gravità, verso gli impianti di formatura
- Batterie di bruciatori, per il mantenimento della temperatura del vetro fuso
- Agitatori meccanici, per il mantenimento della omogeneità del vetro fuso

4- PREPARAZIONE DELLA GOCCIA DI VETRO FUSO

- Punzone, meccanismo per la estrusione di un cordone calibrato continuato di vetro fuso
- Forbici, meccanismo per il taglio di una goccia calibrata di vetro fuso dal cordone
- Distributore, meccanismo per la distribuzione di ogni goccia calibrata di vetro fuso, verso il relativo stampo di abbozzatura

5- FORMATURA

- Deflettori, canali che consentono il trasferimento e la lisciatura per gravità di ogni goccia di vetro fuso distribuita dal meccanismo di distribuzione, verso ciascun stampo abbozzatore
- Imbuto, meccanismo che facilita l'ingresso di ogni goccia calibrata di vetro fuso, nel relativo stampo abbozzatore
- Tampone, meccanismo che occlude la parte superiore dello stampo abbozzatore, durante la fase di formatura dell'abbozzato

- Stampo abbozzatore, meccanismo composto da 2 semi stampi, all'interno del quale, per soffiaggio, si produce lo sbozzato della bottiglia e la formatura del collo
- Invert, meccanismo che esegue il trasporto dello sbozzato dallo stampo abbozzatore allo stampo finitore
- Stampo finitore, meccanismo composto da 2 semi stampi, all'interno del quale, per soffiaggio, si produce la forma finale della bottiglia
- Testa soffiante, meccanismo che produce il gonfiaggio finale della bottiglia
- Pinza, meccanismo che esegue il trasporto della bottiglia finita incandescente, dallo stampo finitore alla piastra di raffreddamento
- Piastra di raffreddamento, meccanismo che esegue un primo raffreddamento pneumatico controllato della bottiglia finita, in modo da garantirne la successiva manipolabilità
- Spingitore, meccanismo che attua il trasferimento per spinta, della bottiglia finita dalla piastra di raffreddamento al confinante nastro trasportatore, sincronizzato in modo che non vi siano rischi di incollaggio con le bottiglie già collocate sul nastro trasportatore
- Trasportatore, meccanismo che esegue il trasporto ordinato di ogni bottiglia verso la galleria di ricottura

6- RICOTTURA

- Eseguito con impianti automatici assistiti dall'uomo

7- CONTROLLO DELLA QUALITÀ'

- Eseguito con impianti automatici assistiti dall'uomo

8- IMBALLAGGIO

- Eseguito con impianti automatici assistiti dall'uomo

9- STOCCAGGIO

- Eseguito con impianti automatici assistiti dall'uomo

8

1980 – 2009: L'epoca della produzione contemporanea

La produzione moderna, sviluppatasi in modo imponente a partire dal 1900, ha preparato terreni di idee molto fertili sui quali, dagli anni '70 – '80, hanno poi attecchito nuovi semi, a cui dedicheremo il resto del presente trattato.

1980: Con gli anni '70, la produzione industriale di articoli di Vetro cavo, come altri settori, è stata anch'essa percorsa da quel nuovo spirito di innovazione, che va sotto il nome di automazione Elettronica; a differenza di quanto verificatosi nelle altre aree tecnologiche, il particolare vincolo dell'ostilità ambientale ha ritardato però per lungo tempo l'attecchimento pratico delle nuove applicazioni elettroniche. A causa della delicatezza della componentistica elettronica e di automazione (a questo proposito si rimanda al paragrafo. "La progettazione: risvolti tecnologici ed umani"), si sono dovuti attendere infatti gli anni '80, prima che le nuove idee di automazione rese possibili dallo sviluppo dell'elettronica si tramutassero in realtà.

La caratteristica che contraddistingue questa nuova epoca, è rappresentata dall'introduzione delle seguenti innovazioni:

- inserimento di sensori elettronici, al fine di rilevare parametri fisico / chimici all'interno del ciclo produttivo (temperatura, pressione, velocità, tempi), funzionali alla successiva implementazione del controllo automatico degli impianti
- inserimento di sistemi di supervisione elettronica, per il controllo totale in tempo reale dell'impianto
- inserimento di quantità sempre maggiori di servomotori indipendenti "intelligenti" a controllo elettronico, in sostituzione di motorizzazioni tradizionali
- inserimento di servo-meccanismi intelligenti ed indipendenti, in sostituzione di meccanismi meccanico / pneumatici

Nella fase pratica, questa azione di innovazione, alla quale chi scrive si onora di avere contribuito tra gli anni '80 e 2000, ha richiesto la risoluzione di complicati problemi di compatibilità e di convivenza "termica", tra componenti elettronici delicati e vetro fuso a 1600°C; i risultati ottenuti sono stati così significativi e caratterizzanti, tanto da trasformare il settore in modo sostanziale, così da renderlo distinguibile dal precedente sotto molteplici aspetti (Sicurezza, Governabilità, Produttività, Qualità, Design). Si può quindi affermare che, negli anni '80 e successivi, sia nata appunto quell'epoca, che chiameremo l'epoca della produzione Contemporanea.