

Energy saving in the extrusion stage

Tiziano Manfredini - Università di Modena e Reggio Emilia (Italy)

Risparmio energetico nella fase di estrusione

Extrusion, the most commonly used shaping process, exploits plastic deformation and allows for the production of pieces with a complex cross-section (pipes, profiles, etc.). It is widely used not only for ceramic pastes but also for aluminium, copper, rubber, plastic materials, foodstuffs and other products. It essentially involves forcing the material in paste form by compression through a die that reproduces the external shape of the required piece.

Shaping is one of the crucial stages in the production of heavy clay products and ceramic materials in general. Most of the defects that occur in fired products are due to shaping performed without using appropriate techniques or taking due care (non-uniform conditions, variations in the chemical and physical characteristics of the systems). The extrusion stage is made up of various steps and characterised by factors that influence the final result. The first is the material to be extruded which has various plasticity characteristics, while the second is the raw material and the percentage of moisture it contains.

The final section of the pressure head houses the extruder die, the last step before the clay takes on the shape of the finished product.

Although the die may appear to be a simple system, it is a fundamental element for the production of finished articles. A large number of factors must be monitored during extrusion: the chemical and physical composition of the raw material, which must not undergo mineralogical variations; the degree of moisture, which determines the apparent viscosity of the paste and must remain constant; and the production parameters (pressure, degree of filling).

A knowledge of fluid dynamics is required for correct design of a die. The formula for calculating the frictional force within fluids changes as a function of velocity. At low velocities one formula applies, at high velocities another must be used. In general, head losses are a function of the velocity of the fluid and therefore of the motion regime determined as a function of the Reynolds number, Re , and of the relative roughness of the conduit. The resistances to motion due to friction R , also known as head losses, are determined by subdividing them into distributed and localised head losses. Localised or accidental head losses R_a are caused by the energy lost due to impacts between the particles that oc-

L'estrusione è il processo più diffuso di formatura che sfrutta la deformazione plastica e consente di produrre pezzi a sezione complessa (tubi, profilati, ecc...). Essa è ampiamente utilizzata oltre che per le paste ceramiche, anche per l'alluminio, il rame, la gomma, le materie plastiche, l'alimentare e altre produzioni. Consiste essenzialmente nel forzare per compressione il materiale, allo stato pastoso, a passare attraverso una sagoma (matrice o filiera) che riproduce la forma esterna del pezzo che si vuole ottenere.

La fase della formatura rappresenta uno dei punti cruciali nella realizzazione dei laterizi e dei materiali ceramici in genere; la maggior parte delle difettologie che si riscontrano sui prodotti cotti è riconducibile a una formatura eseguita senza gli opportuni accorgimenti o in modo approssimativo (disomogeneità delle condizioni, variazioni delle caratteristiche chimiche e fisiche dei sistemi). La fase di estrusione è composta da diversi passaggi e caratterizzata da fattori che ne influenzano il risultato finale: il primo è il materiale da estrarre che ha caratteristiche di plasticità diverse, secondo la materia prima e la percentuale di umidità presente in esso. Nella parte finale dell'accumulatore trova alloggio la filiera, ultimo passaggio prima che l'argilla prenda la forma del prodotto definito.

La filiera, sistema apparentemente semplice, rappresenta invece un elemento fondamentale per la produzione ottimale dei manufatti finiti. Tanti sono i fattori che devono essere monitorati durante la trafilatura: la composizione chimico-fisica della materia prima che non deve subire variazioni mineralogiche, il grado di umidità che determina la viscosità apparente della pasta che deve rimanere costante, i parametri di produzione (pressione, grado di riempimento).

Per una corretta progettazione di una filiera è necessaria la conoscenza della dinamica dei fluidi. La formula per il calcolo della forza di attrito nei fluidi cambia in funzione della velocità, ovvero, in regime di basse velocità vale una formula, in regime di alte velocità ne vale un'altra. In generale, le perdite di carico sono funzione della velocità del fluido, e quindi del regime di moto determinato in funzione del numero di Reynolds, Re , e della scabrezza relativa del condotto. La determinazione delle resistenze al moto per attrito R , dette perdite di carico, avviene suddividendo le stesse in distribuite e localizzate. Le perdite di carico localizzate o accidentali R_a , sono dovute all'energia dissipata a causa degli urti tra le particelle che si verificano in presen-



cur in the presence of turbulent motion generated by the presence of roughness along the path of the fluid; localised head losses occur in the presence of variations in direction or cross-section of the conduit or due to the presence of filters or gate valves. Distributed head losses R_c are caused by viscous friction that occurs between particles with different velocities due to adherence between the fluid and the surface of the conduit. As they occur along the entire pathway, they are known as continuous head losses. In particular, distributed head losses are given by:

$$R_c = \lambda \rho (l/D) (v^2/2) \text{ (Pa)}$$

where:

- λ is the friction factor (dimensionless);
- ρ is the density of the fluid (kg/m^3);
- l is the length of the conduit (m);
- v is the average velocity of the fluid in the conduit (m/s);
- D is the equivalent diameter of the conduit (m); the equivalent diameter is equivalent to the hydraulic diameter.

za delle turbolenze del moto, generate dalla presenza di accidentalità, lungo il percorso del fluido; le perdite di carico localizzate si hanno in presenza di variazioni di direzione o di sezione del condotto, oppure per la presenza di batterie, filtri, e serrande. Le perdite di carico distribuite R_c sono riferite all'attrito viscoso che si esercita fra le particelle aventi diversa velocità, a causa dell'aderenza tra il fluido e la superficie del condotto, e che si hanno lungo tutto il percorso, per questo motivo sono anche denominate perdite di carico continue. In particolare, le perdite di carico distribuite valgono:

$$R_c = \lambda \rho (l/D) (v^2/2) \text{ (Pa)}$$

dove:

- λ è il fattore di attrito (adimensionale);
- ρ è la densità del fluido (kg/m^3);
- l è la lunghezza del condotto (m);
- v è la velocità media del fluido nel condotto (m/s);
- D è il diametro equivalente del condotto (m); il diametro equivalente coincide con il diametro idraulico.



Model CF2 extruder with 5 horizontal exits for 250x80 mm infill blocks
 Filiera Mod. CF2 per tramezza 250x80 a 5 uscite in piano, in estrusione

From the continuity equation applied in fluid dynamics and as an application of the law of conservation of mass, it follows that the net mass flow through the control surface area in the interval of time dt is equal to the variation in mass inside the same element ($dm = \rho dV$).

The formulas show that the head losses that reduce the energy efficiency of the extruder increase prevalently as the average velocity in the conduits increases and decrease as the total exit cross-section of the paste increases.

The wide-exit extrusion technique has revolutionised the production methods of brickworks as it allows for a considerable increase in hourly production capacity together with a high product quality standard and a significant reduction in specific energy consumption.

The great innovation in the field of extrusion was the introduction of the exclusive Tecnofiliere system, adopted on models CF1 and CF2, in which the introduction of an extrusion cone between the frame and the fixing plate allows the paste exit cross-section to be increased.

This brings considerable economic savings because the larger exit cross-section allows for lower velocity extrusion as well as very low wear of the die components due to the lower friction. The dies CF1 and CF2 have a modular structure. This considerably lengthens their overall lifetime as maintenance can be performed simply by replacing the worn modules (along with the frame and the cores, it is also possible to replace the core holder and the internal lining plates of the extrusion cone).

Over time, this technology has won over even the biggest sceptics and has become the benchmark for the production of large volumes of high quality materials for low energy costs. The larger cross-section allows for the construction of multiple exit dies in which the ratio between electrical energy consumption and output of material is more cost effective than on conventional dies, with an energy saving of around 38%.

(JF) 

Dall'equazione della continuità applicata in fluidodinamica, e quale applicazione della legge di conservazione della massa, risulta che il flusso netto di massa attraverso la superficie di controllo, nell'intervallo di tempo dt , è pari alla variazione di massa all'interno dello stesso elemento ($dm = \rho dV$).

Dalle formule appare quindi evidente come le perdite di carico che riducono il rendimento energetico dell'estrusore crescono prevalentemente all'aumentare della velocità media nei condotti e tali perdite decrescono all'aumento della sezione totale di uscita della pasta.

La tecnica di trafilatura a larghe uscite ha rivoluzionato radicalmente il modo di produrre nelle fornaci, consentendo un notevole incremento della capacità produttiva oraria, assieme a un elevato standard qualitativo del prodotto e una sensibile diminuzione del consumo energetico specifico.

La grande innovazione nel campo dell'estrusione è stata l'introduzione del sistema esclusivo di Tecnofiliere, applicato nei modelli CF1 e CF2, nei quali, grazie ad un cono di trafilatura posto tra la cornice e il piastrone di attacco, è stato possibile aumentare la sezione di uscita dell'impasto. Tutto ciò si tramuta in un notevole risparmio economico in quanto, grazie alla maggior sezione di uscita, è possibile trafilare a una velocità ridotta garantendo anche, per il minor attrito, una minima usura delle componenti della filiera stessa. La struttura delle filiere CF1 e CF2 è modulare. Ciò allunga considerevolmente la loro durata complessiva in quanto la manutenzione può essere effettuata sostituendo solamente i moduli usurati (oltre cornice e tasselli, è possibile sostituire il ponte e le piastre di rivestimento interno del cono di trafilatura). Questa tecnologia, con il tempo, ha convinto anche i più scettici, diventando di fatto uno standard di riferimento per chiunque voglia produrre materiali di alta qualità, in grandi volumi, a costi energetici contenuti. La maggior sezione permette di realizzare filiere a uscite multiple nelle quali il rapporto tra l'assorbimento di energia elettrica e il materiale prodotto è economicamente più conveniente che nelle filiere tradizionali, con un risparmio energetico pari a circa il 38%.

