

Granuli: come controllarne il trasporto

Un innovativo sistema che rende uniforme la velocità del flusso dei granuli nel trasporto dal serbatoio di stoccaggio alle linee di estrusione e di stampaggio consente di ridurre la formazione di polvere e 'capelli d'angelo', che danno luogo a inaccettabili difetti estetici nei manufatti finali

di Giuseppe Bonacina

Monitoring granules transport

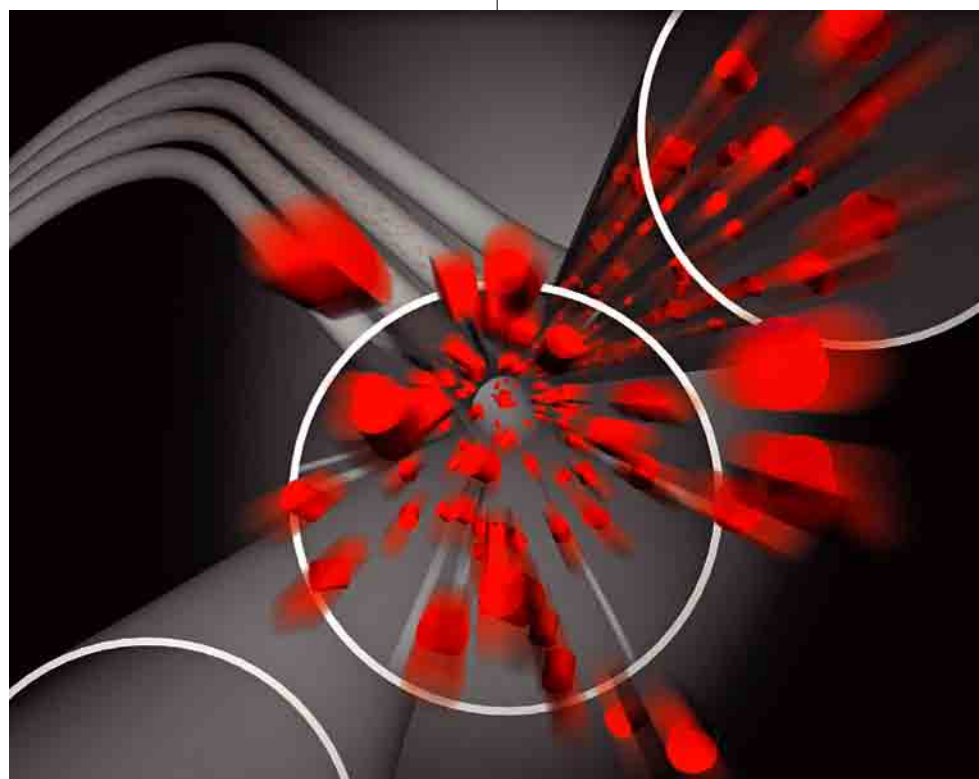
An innovative new system regulation granule transportation flow from storage containers to extrusion and moulding lines is capable of reducing the formation of dust and 'angel hair' which result is finished products with unsightly aesthetic defects

by Giuseppe Bonacina

Nelle aziende di lavorazione delle materie plastiche c'è la necessità di trasportare il materiale plastico stoccato in un serbatoio - o in più serbatoi che contengono materiali diversi - alle tramogge di alimentazione dagli estrusori o delle presse per lo stampaggio a iniezione. Il trasporto viene solitamente effettuato in depressione, mediante un aspiratore posto all'estremità di una tubazione che collega il serbatoio alle tramogge di alimentazione delle macchine. In pratica, l'aspiratore viene azionato solo per il tempo necessario a effettuare la carica richiesta da ciascuna macchina (tempo ciclo). Concettualmente si tratta di un'operazione semplice, in quanto comporta un usuale trascinarsi di materiali solidi di piccole dimensioni in una corrente d'aria. In realtà, i granuli plastici presentano differenti caratteristiche che li contraddistinguono e che influenzano in modo determinante il processo di trasporto. Basti pensare a caratteristiche quali peso specifico, fragilità, contenuto di polvere, forma geometrica, cariche minerali o talco, oltre alla necessità di considerare la lunghezza del percorso da effettuare e la fluidificazione. Queste differenze si manifestano nella fase di trasporto con comportamenti totalmente diversi fra ogni tipologia di granulo. Quando la distanza da coprire è relativamente lunga - talvolta si arriva a centinaia di metri - e quindi il tempo per effettuare il caricamento è relativamente lungo (50-60 secondi e oltre), il movimento dei granuli all'interno della tubazione non è uniforme, soprattutto nella fase iniziale e finale del ciclo. Questo comporta la possibilità che i granuli vengano danneggiati con possibili conseguenze negative sulle caratteristiche chimico-fisiche, ma soprattutto estetiche, dei manufatti finali, sia estrusi che stampati.

Il trasporto sottovuoto è un processo di lavorazione ancora abbastanza approssimativo. Normalmente il sistema è costituito da unità che producono il vuoto e da una tubazione dove i granuli viaggiano all'interno del tubo. In funzione della quantità da spostare e della distanza, vengono scelte unità aspiranti più o meno potenti e tubazioni di diverso diametro. Questa configurazione deve necessariamente andare bene per ogni materiale, anzi questi impianti vengono dimensionati sul materiale più critico, cioè quello che genera più attrito, come i termoplastici, o quello di forma geometrica meno scorrevole, come i metacrilati o policarbonati. Vengono quindi trattati anche materiali di forma sferoidale e più leggeri come il polietilene o polipropilene.

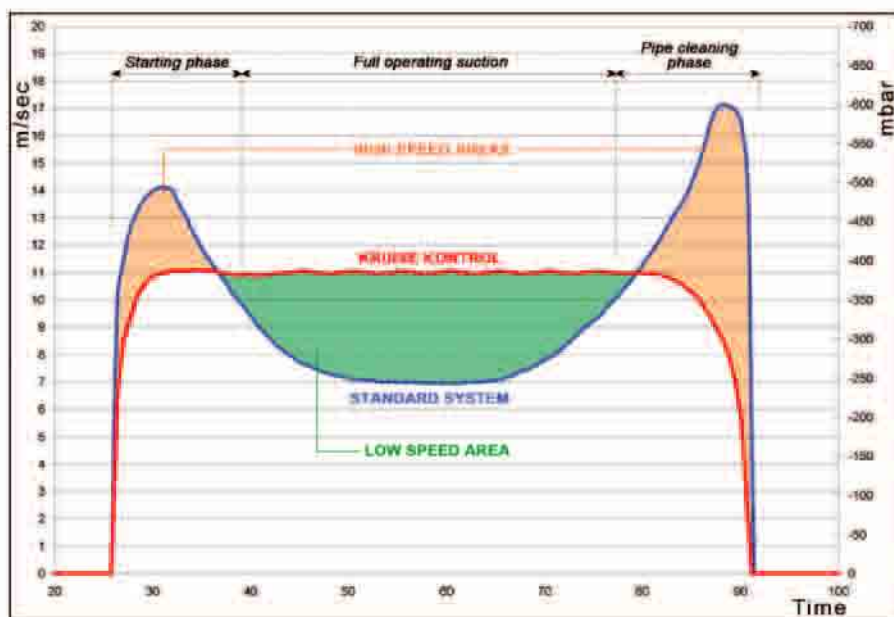
Ne consegue che questi materiali vengono trasportati sulle stesse tubazioni dove vengono trattati quelli più difficili e meno scorrevoli (PMMA o PC). Mentre questi viaggiano a una velocità di 8-10 metri al secondo, i polipropileni, per ovvie ragioni, raggiungono picchi di velocità fino a 20 metri al secondo che corrisponde a una velocità di circa 70 Km/h. L'attrito che il granulo sviluppa



a contatto con le tubazioni è notevole. A causa di questo attrito, tipologie di granulo come il PP, PE, ABS masterizzato o altri materiali morbidi depositano sulla parete delle tubazioni un sottile strato, un'impercettibile pellicola, limitatamente alla zona di contatto per attrito. Nel tempo questa pellicola, costruita da migliaia di contatti per strisciamento, dà luogo a una pellicola uniforme e di una miriade di colori insieme, tanti quanti sono stati i materiali trasportati. Questo fenomeno si verifica particolarmente nelle tubazioni in alluminio a causa della porosità del metallo, ma succede talvolta anche su tubazioni in acciaio inox, nei casi in cui vengano impiegate tubazio-

ni plastics processing, part of the procedure involves the transportation of materials from a storage container, or possibly a number of container holding various materials, to the supply hoppers of extruder or injection moulding machines. The material is generally transported by means of depression, namely a suction pump fitted to the end of length of tubing connecting the storage container to the hopper. In practice, the aspirator is only activated for the length of time required to load each machine (cycle time). In theory this is a relatively simple and commonly used process, involving the transit of small, solid pellets in an air current. In reality, however, plastic granules display a number of diverse properties which have a significant impact

on the transportation process, such as specific weight, degree of brittleness, powder content, geometric shape and mineral or talc content, not forgetting the actual transit distance and fluidization. These different properties mean that each granule type reacts quite differently during transportation. A greater transit distance, in some cases as much as a few hundred metres, obviously results in longer loading times (50-60 seconds or more) and uneven granule movement within transportation tubes, especially at the beginning and end of the cycle, which may damage transported granules and have a negative impact not only on their chemical-physical properties but also on the aesthetic appearance of finished articles, be they extruded or moulded. Vacuum transport systems, in general, are not highly refined processes and, as a rule, comprise a vacuum-creating unit and a tube through which the granules are transported. Depending on the quantity of material and the distance over which it needs to be transported, a suction pump of suitable power capacity and tubing of varying diameters are chosen. Once assembled, the combination is then used for all manner of materials, although the choice is generally influenced by the properties of certain materials, such as thermoplastics, which generate a high level of friction, or the geometric shape of other, less free-flowing materials, such as methacrylates or polycarbonates. However, the same systems are also used to process lighter, spherical granules such as polyethylene or polypropylene. As a result, these materials are transported in the same tubing used for hard-to-process and less-flowing granules, namely PMMA or PC. Whilst these latter travel at speeds of around 8-10 m/s, polypropylene granules, for obvious reasons, can reach speeds of up to 20 m/s, equivalent to 70 Km/h. A considerable amount of friction also develops between the granule and the transportation tube, resulting in a fine layer, a barely visible film developing along the line of friction contact, deposited on the walls of the tubing when PP, PE, masterized ABS or other soft materials are processed. Over time this film, created through thousand of tiny contact points, builds up into an even residue made up of a myriad of different colours, all the different colours of materials transported within the tube, in fact. This process is particularly noticeable when the tubing is in aluminium, an especially porous metal, but can also occur when stainless steel tubing is used, especially in the absence of some sort of special surface coating. This film can unexpectedly peel off in strips varying in length from between 0.5 to 4.5 metres and measuring between 8 mm to 15-20 mm in width. These strips, known as 'angel hair', are incompatible with the materials being processed and generate production rejects. This 'angel hair' makes the entire production process a somewhat unpredictable affair, generating production rejects and constituting a problem for which there is no easy solution. One option would be to scrub the transportation tube clean after having taken it apart and then re-assemble it, or possibly replace the tubing all together, however both these options are only short-term solutions as the problem would obviously persist and the film simply re-form. It is certainly a good idea to use laser-welded tubing with a polished interi-



1 Profilo della velocità media del flusso di granuli nella tubazione di trasporto con un sistema tradizionale (linea blu) e con l'innovativo sistema KruiiseKontrol (linea rossa)
1 Profile of average speed of granule flow in a conventional transport system (blue line) and using the innovative KruiiseKontrol system (red line)

ni standard, senza una finitura superficiale adeguata. Casualmente questa pellicola si stacca a strisce di lunghezza che possono variare da mezzo metro fino a 4,5 metri con una larghezza di 8 mm fino a 15-20 mm. Questa striscia viene denominata 'angel hair' o 'capelli d'angelo', ed è un elemento incompatibile con il materiale in trattamento, e quindi genera scarti di produzione. Questa è la conseguenza che fa produrre scarti in modo non compatibile, poiché il distacco dei 'capelli d'angelo' è casuale ed è un problema in agguato di difficile soluzione.

Una soluzione può essere pulire le tubazioni con uno scovolo dopo averle smontate e poi rimontarle, ma questo è un rimedio momentaneo poiché il problema rimane e nel tempo si ripresenta. Buona regola è senz'altro impegnare tubazioni lucidate internamente e saldate al laser, cosicché siano senza asperità da saldatura all'interno del tubo, riducendo così la probabilità che queste asperità funzionino da aggrappante per la formazione dei capelli d'angelo. Per evitare questi inconvenienti Moretto ha realizzato un particolare sistema di controllo della linea di trasporto, denominato KruiiseKontrol (KK), che assicura un'uniforme velocità ai granuli in tutto il ciclo di trasporto.

come descritto nel seguito, questa condizione garantisce diversi consistenti vantaggi in termini di qualità del prodotto finale, nonché di produttività e di consumi di energia. KK è in grado di gestire la velocità più idonea per ogni polimero senza danneggiarlo, controllandone la velocità all'interno delle tubazioni ed evitando la formazione di polvere. Con questo sistema si gestisce la velocità di trasporto, togliendo i picchi iniziali e il picco finale della fase di pulizia condotta e al tempo stesso aumentando la fase centrale di trasporto, realizzando in conclusione anche un incremento della produttività. Il sistema permette inoltre di eliminare la difettosità del granulo dovute all'attrito con le tubazioni. Ne deriva, infine, che ogni materiale può avere il suo profilo dedicato, indipendentemente dalla distanza, e viene trasportato alle condizioni migliori macchina per macchina. Il trasporto quindi potrà essere fatto con velocità diverse a ogni ciclo, e all'interno del ciclo mantenendo la stessa velocità indipendentemente dalle condizioni, dalla distanza o altezza delle tubazioni.

Dinamica del trasporto dei granuli

La figura 1 riporta il profilo della velocità del flusso dei granuli nella tubazione nel corso di un ciclo di trasporto. In ascissa è indicato il tempo del ciclo: dalla fase iniziale - prelievo dei granuli dal serbatoio -, a quella finale - arrivo dell'ultima frazione di granuli; quest'ultima fase è indicata nella figura come 'fase di pulizia condotta', in quanto comporta lo svuotamento della tubazione e quindi la possibilità di effettuare un successivo trasporto di granuli. Sull'ordinata sinistra è riportata la velocità dei granuli intesa come velocità media del flusso di granuli trasportati e sull'ordinata destra la depressione, cioè il valore di vuoto generato dall'aspiratore posto alla fine della tubazione di trasporto. La curva blu è relativa a una linea di trasporto convenzionale, quella rossa a una linea provvista del nuovo dispositivo KruiiseKontrol. Nell'andamento della linea blu si notano due picchi della velocità, rispettivamente all'inizio e alla fine del ciclo, tra i quali vi è una lunga fase di velocità ridotta. Questo comportamento dipende dal fatto che, nella fase iniziale, i granuli in stoccaggio (quindi a velocità zero) ricevono una forte spinta di avvio nella tubazione vuota, e che, nella fase finale, la frazione residua dei granuli subisce una forte accelerazione per la vicinanza dell'aspiratore. Invece, nella parte centrale del ciclo - indicata come 'aspirazione a pieno regime' - il richiamo dell'aspiratore deve movimentare un consistente flusso dei granuli e ciò provoca un abbassamento della velocità media, con un andamento approssimativamente a catenaria. Al contrario, con l'innovativo sistema Krui-

iseKontrol, la velocità dei granuli segue la linea rossa, che presenta grande regolarità: si eliminano i picchi di velocità nelle fasi iniziale e finale del ciclo e si mantiene una velocità uniforme nella fase centrale. Le differenti fasi del ciclo di trasporto vengono gestite e spianate: sia nella fase iniziale sia nella fase finale a tubo carico viene recuperata velocità, ma specialmente nella fase di svuotamento della tubazione controllando il picco di velocità finale.

I vantaggi del sistema

L'eliminazione dei picchi di velocità nelle fasi iniziale e finale del ciclo e il mantenimento di una velocità uniforme nella fase intermedia comportano sostanziali vantaggi riguardo alla qualità dei manufatti finali. Ciò dipende dal fatto che una velocità elevata del flusso comporta all'interno della tubazione un percorso non lineare dei granuli, che saltano, si urtano e rimbalzano contro le pareti interne.

Tutto questo porta alla formazione di polvere molto fine, che va a intasare i filtri posti a protezione delle tramogge di alimentazione delle macchine, e soprattutto comporta la formazione dei cosiddetti 'capelli d'angelo', filamenti sottili che, mescolati ai granuli, arrivano alle tramogge di alimentazione. Sono proprio i 'capelli d'angelo' il pericolo maggiore, perché danno luogo a striature nei manufatti stampati che comportano inaccettabili scadimenti estetici dei manufatti finali. Un ulteriore aspetto di importanza rilevante riguarda il fatto che, a differenza dei sistemi tradizionali di trasporto che utilizzano una pompa a velocità costante, il KruiiseKontrol opera con una pompa a velocità variabile governata da un apposito dispositivo, in modo da adeguare i consumi di energia del motore al flusso d'aria istantaneo effettivamente richiesto. Il vantaggio è quindi un minor consumo di energia e un aumento della produttività.

Altro vantaggio è la minor usura della tubazione in quanto, grazie a un flusso di trasporto più regolare, si registrano meno urti e rimbalzi casuali dei granuli contro la parete interna della tubazione stessa.

I componenti e la gestione

Il KruiiseKontrol è un sistema di controllo automatico, di facile gestione e adatto a qualsiasi linea di trasporto.

I componenti essenziali del sistema sono:

- una pompa a velocità variabile per l'aspirazione dell'aria, collocata al termine della tubazione a protezione da un filtro che trattiene la polvere che si forma nel trasporto dei granuli;
- dei sensori collocati sulla tubazione che interagiscono con la pompa e regolano la velocità del flusso d'aria;
- un anemometro che controlla il flusso d'aria;
- un monodepireometro che misura il valore della depressione generata dalla pompa.

Peraltra, oltre a uniformare la velocità del flusso dei granuli, il sistema KruiiseKontrol consente di ottimizzare il profilo di velocità per ogni carica in funzione delle caratteristiche sia dei granuli (tipo di polimero, peso specifico, fragilità, geometria, contenuto di cariche minerali...) sia delle linee di trasporto (diametro e lunghezza della tubazione, numero delle macchine da alimentare, numero e potenza degli aspiratori...).

Infine, il sistema è di facile gestione perché, grazie a uno specifico software, tutti i parametri da gestire sono inseriti di default e quindi è sufficiente scegliere da una lista già impostata il materiale da trasportare (ABS), (PC), (PA)... e la macchina da servire per ottenere un trasporto su misura a velocità costante. Un pannello di controllo touch screen (figura 2) rende l'operazione semplicissima in quanto l'utente deve impostare solo due dati: tipo di materiale da trasportare e numero della macchina da alimentare. Tutti gli altri parametri sono gestiti in modo automatico dal dispositivo KruiiseKontrol.

Kruise Kontrol			
Material		PMMA	
Machine		1	
Set Material Speed	m/s	5.00	
Material Speed	m/s	5.24	
Bulk Density	Kg/m ³	0.65	

2 Pannello 'touch screen' per l'impostazione dei dati
2 Touch Sreen control panel used to input specifications

or, ensuring the absence of irregularities inside the tube which might otherwise offer a useful purchase point for the formation of angel hair. In response to these problems, Moretto has developed a special control system for transport lines called KruiiseKontrol (KK), a system guaranteeing steady granule transportation speed throughout the cycle, resulting in a range of benefits in terms of the quality of the finished products as well as productivity rates and energy consumption. KK is capable of managing a range of speeds designed to transport individual polymer types without damaging them, monitoring the speed within the tubing and preventing the build-up of dust. The system manages overall transportation speed, cutting out the speed variations commonly found during the initial and final cleaning phases and increasing mid-cycle transport speeds, resulting in an overall increase in productivity. The system also eliminates defects caused by friction between granule and transport tube. The result is a granule-specific profile independent of the distance to be covered and optimal transport conditions for each machine, meaning that each cycle can be set to a different speed whilst the same speed is maintained within each individual cycle irrespective of conditions, distance to be covered or the height of the tubing.

The dynamics of granule transportation

Figure 1 shows granule flow speed within the tubing throughout one transport cycle. The abscissa shows the cycle time - from the initial phase involving granule collection from the container to the final one in which the last fraction of granules arrive at their destination, indicated as the 'tube cleaning phase', since at this point the tube is emptied and ready to receive the next load of granules. The left ordinate shows granule speed, expressed as the average speed of granule transportation flow, whilst the right ordinate indicates depression, namely the vacuum generated by the suction pump fitted at the end of the transportation tube. The blue curve shows a reading for a conventional transport line, whilst the red curve that of a line equipped with the new KruiiseKontrol device. The blue curve shows two peaks in granule speed, corresponding to the initial and final phases of the cycle, between which an extended period of reduced speed is evident. This is the result of the granules' storage (having zero speed) receiving a sharp thrust into the empty tubing in the initial phase of the cycle, followed by the remaining fraction of granules accelerating dramatically as they are drawn nearer to the suction pump. The central section of the cycle, however, indicated as 'suction working at full capacity', sees the suction mechanism having to move a considerable flow of granules resulting in a reduced average speed, with progress being roughly catenary. This is not the case with the innovative KruiiseKontrol system where granule speed is far more regular, as indicated by the red curve. The initial and final peaks are eliminated and a steady speed is maintained throughout the central section of the process. The various phases of the transportation cycle are managed and evened out; higher speeds are achieved in both the initial and central phases when the tube is fully loaded whilst the speed peak encountered in the final phase when the tube empties is managed efficiently.

Benefits offered by the system

Eliminating peaks in transportation speed during the initial and final phases of the cycle and maintaining a steady speed during the intermediate phase confers a



Il sistema KruiiseKontrol
The KruiiseKontrol system

number of considerable benefits in terms of the quality of finished products. This is due to the fact that high flow speed within the tubing result in irregular granule movement, namely the granules leap, collide and bounce off the inner walls. This produces a very fine powder which gradually clogs the filter protecting the hoppers and, most importantly, causes the formation of 'angel hair', those fine filaments which, mixed with the granules, go into the supply hoppers. In fact, it is this 'angel hair' which poses the greatest risk since they produce streaks in the moulded material resulting in end product rejects. Another important factor involves the suction pump; in traditional transportation system suction speed is generally constant, whereas the KruiiseKontrol uses a variable speed pump controlled by a special device, so that the energy consumption of the motor is adjusted in keeping with the instantaneous air flow actually required. The obvious benefit here is energy saving and increased productivity. A further benefit of the KruiiseKontrol system is reduced wear within the tubing, the result of steadier transport flows, less inter-granule collision and reduction in granules bouncing against the walls of the tubing itself.

Components and management

KruiiseKontrol is an easy-to-manage automatic control system suitable for all manner of transport lines. The most important components include:

- a suction pump with adjustable speed control fitted to the end of the transport tubing, protected by a filter which collects any powder generated by the granule transport process;
- sensors positioned on the tube itself which interact with the pump in order to regulate the air flow;
- a sensor monitoring build-up in the filter and compensating for any loss in load;
- an anemometer to monitor air flow;
- a depression gauge measuring depression levels generated by the pump.

Furthermore, in addition to levelling out the speed of granule flow, KruiiseKontrol also optimizes the speed profiles for each load on the basis of both granule-related properties (type of polymer, specific weight, brittleness, shape, mineral content and so on) and transport line specifications (diameter and length of tubing, number of loading machines, number and power of suction pumps etc.). And lastly, the system offers a high degree of manageability since specially designed software enables all management parameters to be inserted in default mode, meaning that in order to achieve made-to-measure transport at a constant speed the operator simply has to select the material to be transported (ABS), (PC), (PA) etc. and the machine required from a pre-programmed list. A touch-screen control panel (figure 2) makes the whole operation extremely user-friendly since the operator only has to program two specifications: material type and number of machines to be supplied. All other parameters are managed automatically by KruiiseKontrol.