

2010年日本塑胶成形加工学会  
**荣获「青木固」技术奖**  
 可以装置与住友全电动注塑机SE-DUZ系列。



**T-Rex Unit**  
 新理论塑化系统

[www.spirallogic.com.hk](http://www.spirallogic.com.hk)

螺旋研究所 SPIRAL LOGIC LIMITED

香港九龍灣宏照道11號 寶隆中心G06室  
 Room G6, Ground Floor, Po Lung Centre, 11 Wang Chiu Road, Kowloon Bay, Hong Kong  
 Tel: +852-2796-2327 Fax: +852-2796-0064 E-mail: info@spirallogic.com.hk



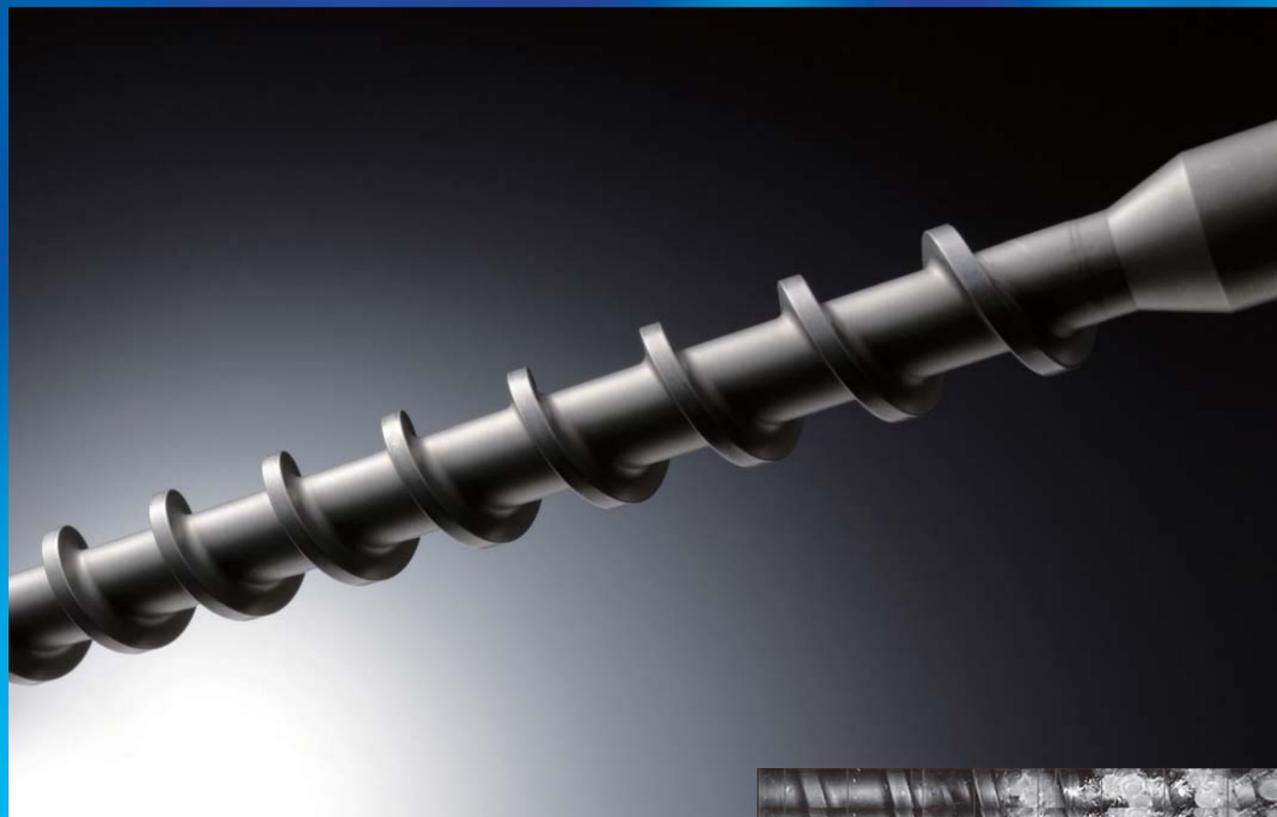
**SPIRALLOGIC**  
 TECHNOLOGY & EVOLUTION

SPIRALLOGIC



# 从全新融解理论诞生的，并非改良，而是革命。

**SPIRAL LOGIC改变射出成形历史。**



## 寻求融解的真象。

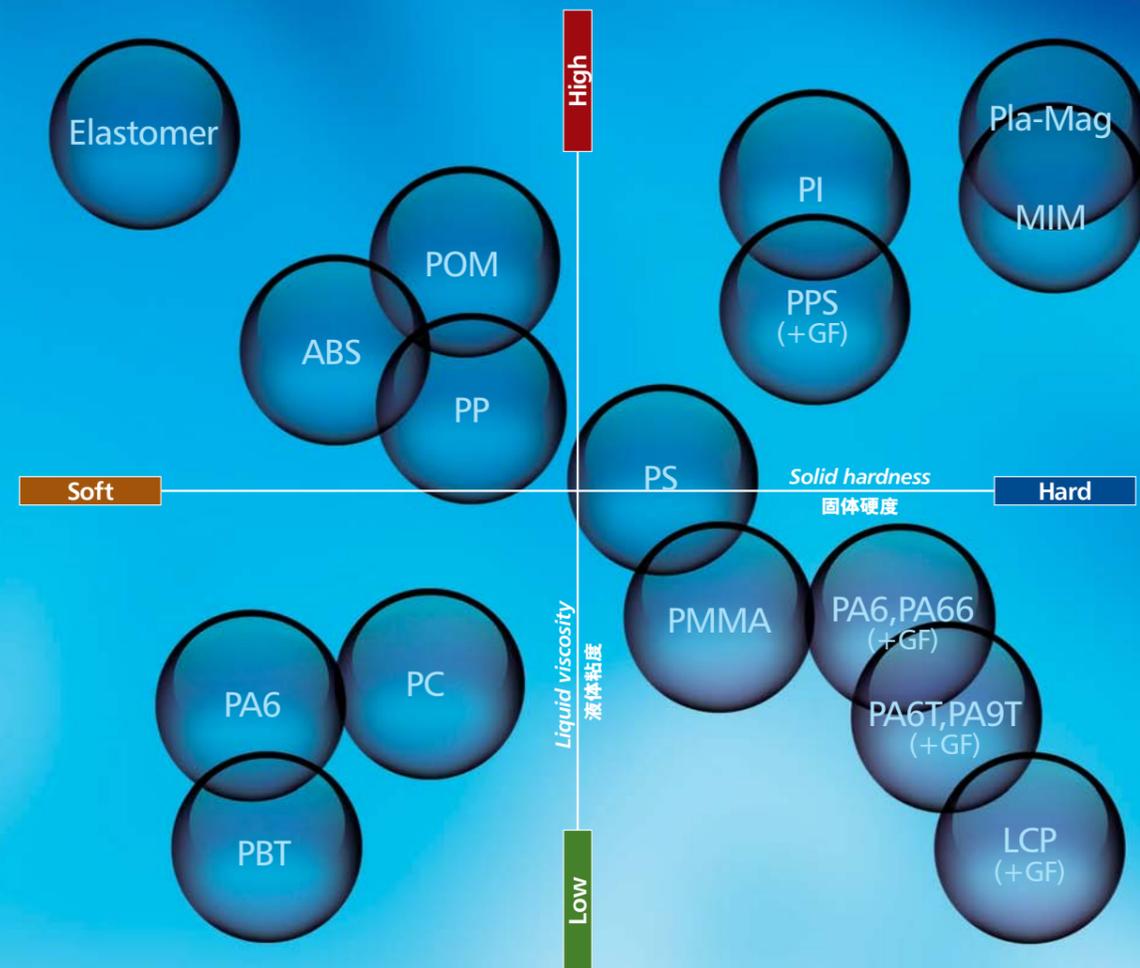
SPIRAL LOGIC之开发根据独家发明的无剪切塑化理论，以无压缩螺杆为主要结构，为完全新颖的塑化系统。

可是，摒弃以往射出成形理论主流的剪切发热概念，仅利用加热器热量，是否能够达成塑料的正常熔融与混炼，相当令人质疑。

右边所示的连续照片能够为此疑问解答。在透明塑料里投入一个黑色颗粒，观察它进行熔融的状况。黑色颗粒顺畅地熔融混炼，充分表现SPIRAL LOGIC的理想融解状态。

## Material Matrix (塑料特性矩阵)

Material Matrix是，为了确实掌握工程塑料引发的特殊问题，独自考量的分布图。这张矩阵明白显示，塑料颗粒(固体)的输送与熔融塑料(液体)的流动，在同一条螺杆上进行处理时发生的各项问题。



### High

螺杆头组件采用共转式时，料管会磨损，非共转式因承受塑料压力，亦在头部发生磨损。透过详细解析，开发出具备共转与非共转的双功能式防逆流阀，使塑料能顺利通过逆止环，拥有优异的防逆流功能与耐用性。

### Hard

将添加GF的坚硬塑料颗粒以自由落下方式供给，会在料管内下料口附近因充填过剩而阻塞，发生高压，导致料管的磨损。并且，由于颗粒阻塞，水分不易排除。SPIRAL LOGIC进行定量供给，能避免问题发生。

### Soft

Elastomer(弹性塑料)为软质颗粒的代表性塑料，计量工程呈现不稳定状态，起因是颗粒自由落下导致供给过剩。而且，柔软的塑料颗粒在下料口附近被挟住，螺线上黏着的颗粒会引起计量时间的变动。这些问题，采用SPIRAL LOGIC的定量供给系统即能解决。

### Low

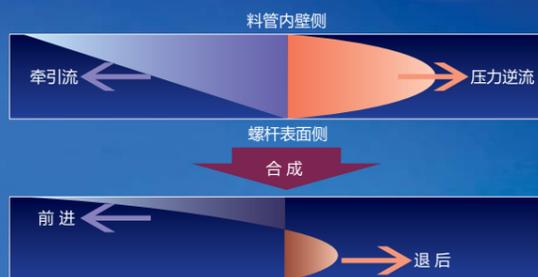
熔融塑料(液体)的输送速度，比颗粒(固体)缓慢，尤其是低熔融粘度塑料特别显着。以往的系统，自由落下方式供给的颗粒从后方陆续往前推，在螺杆压缩段倾斜部位发生滞涩状况，一直持续到下料口附近。因而产生供给不良现象。SPIRAL LOGIC采用无压缩螺杆与符合流动速度的颗粒定量供给系统，防止塑料的滞涩。



# SPIRAL LOGIC 能够实现的，并非改善，而是杜绝不良。

例如，消除下列不良现象。

## 黑点(烧焦)

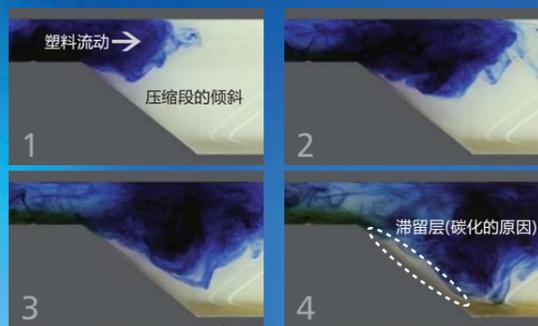


料管内壁侧的塑料牵引流要前进(上图的蓝色三角形)。因牵引流前方压力提升，发生压力逆流(上图的红色碗形)。合成2种力量，导致料管内壁侧前进，螺杆表面侧后退的结果。



以往型镀膜螺杆(上面)与SPIRAL LOGIC的T-Rex螺杆在同一使用条件下的比较。不产生滞留层的T-Rex螺杆，塑料不会碳化，所以不会导致黑点。

逆流成份在倾斜部位逐渐失去动力，无法流动至倾斜部位表面。上图为使用墨水的动态模拟。具有压缩段的螺杆，一定会形成滞留层。



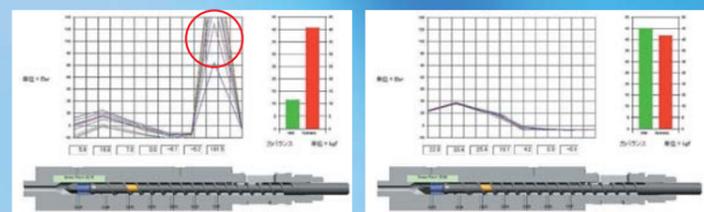
根据粘性流体的输送理论——库埃特流动(Couette flow)，螺纹之间的空间内2种熔融塑料力量合成后，塑料在料管内壁侧会前进，在螺杆表面侧会退后。可是，塑料流动进入螺杆压缩段，在螺杆表面侧退后的逆流成份，因为倾斜部位扩大空间失去动力，停止流动。总之，以往的螺杆，在倾斜的压缩段表面塑料不流动，形成滞留层。此塑料由于脱水分解碳化，剥离混入成型品里，即形成黑点。

SPIRAL LOGIC采用无压缩段的直线型螺杆，螺杆全体表面都有退后的逆流成份，不会形成滞留层。

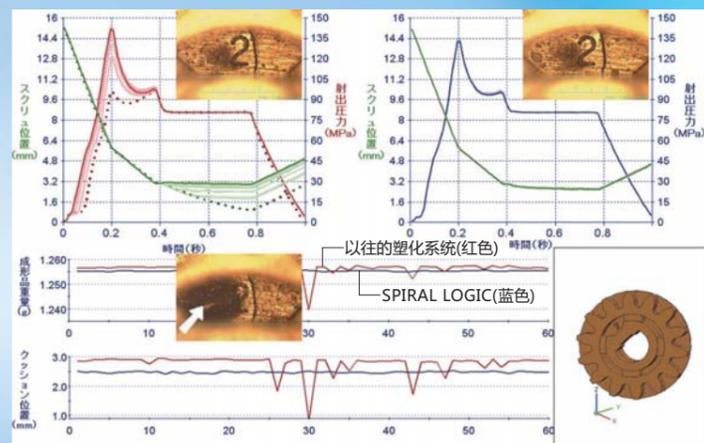
## 突发性短射

突发性短射是使用LCP及尼龙等低粘度塑料时，频繁发生的不良现象。同轴(In-line)式螺杆最严重的问题为螺丝松退现象，会引起此不良状况。以往的塑化系统，从螺杆压缩段开始滞涩流动，此现象和未熔融的颗粒，在下料口附近互相推挤。此时，颗粒强力附着于料管内壁，产生类似螺帽的效果，因此螺杆像螺丝一样回转退后。这就是螺丝松退。

螺丝松退状况下，熔融塑料压力会降低，呈现变动(如左上图表)。SPIRAL LOGIC不会产生螺丝松退，螺杆仅受到熔融塑料的压力才会退后，所以突发性短射无法发生。



以往的塑化系统(左图)，压力变动明显，亦呈现引起螺丝松退的异常高度压力(红色圆圈)。SPIRAL LOGIC(右图)熔融塑料压力稳定，也不会发生异常高度压力。



PC齿轮实际成形60模的档案。以往塑化系统的波形(左边)，全部的要素呈现不稳定状态。然而SPIRAL LOGIC(右边)的波形重叠收束，就是熔融塑料压力稳定的证据。下面的成形品重量与螺杆残余量的图表表示，以往塑化系统(红线)变动量较大，在第30模发生短射(照片上箭头部位)。

## 料管的磨损



塞满坚硬塑料而产生的压力(摩擦力)非常大。使用如上图已进行磨损的料管，尽管提高保养频率，亦无法实施正常的精密稳定成形，为问题症结。

以往的自由落下供给方式，塑料颗粒堵塞在下料口附近，产生非常大的压力。在此状况下，混入GF等坚硬的塑料，其摩擦力会磨损料管内壁与螺杆。

SPIRAL LOGIC侦测螺杆转力控制颗粒供给量，符合熔融塑料前进速度进行定量供给。因此，料管内不会充满塑料颗粒，不会产生料管与螺杆的磨损。

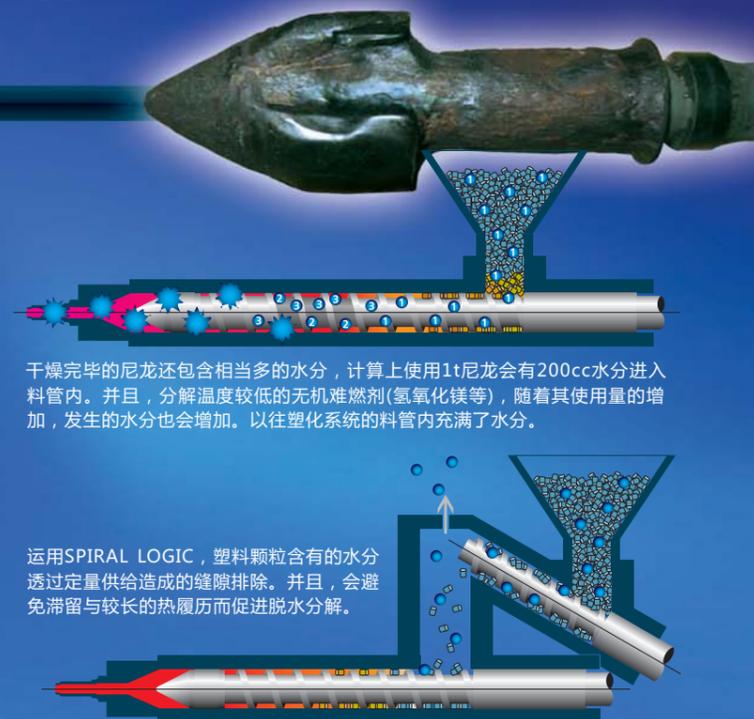
## 腐蚀

在使用PA46、PA6T、PA9T等塑料的成形现场，螺杆头组件与螺杆计量段发生极短时间内进行腐蚀而引起严重问题。透过研究，推翻「从塑料发生的气体诱发腐蚀」之定论，将原因特定为以下所列的3种水分。

1. 塑料颗粒含有的水分
2. 塑料在螺杆压缩段脱水分解发生的水分
3. 难燃剂受到热履历脱水分解发生的水分

高温成形的塑料，若运用剪切发热，其温度会上升至320---340℃，压力也会升高至100MPa以上。在这种高温高压环境下的水分，变成超临界水或亚临界水，呈现非常强的腐蚀性。螺杆头组件与螺杆计量段部位的温度与压力若达到此条件，一旦接触超临界水或亚临界水，显着进行腐蚀。

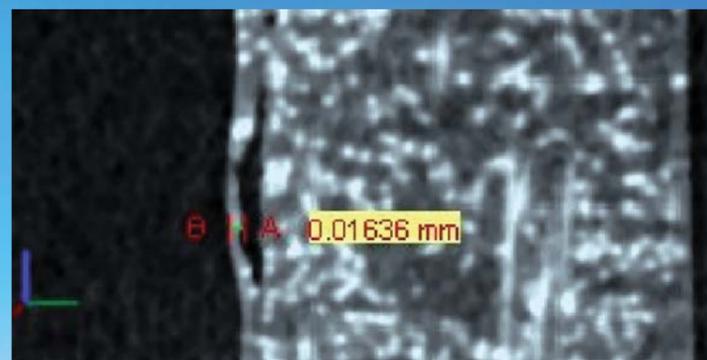
SPIRAL LOGIC塑化系统，塑料颗粒内含有的水分通过定量供给的缝隙排出，因没有压缩段不会发生塑料滞留引起的碳化，较短的料管(比以往型缩短至2/3)减少热履历。SPIRAL LOGIC的料管内没有造成腐蚀原因的水分。



干燥完毕的尼龙还包含相当多的水分，计算上使用1t尼龙会有200cc水分进入料管内。并且，分解温度较低的无机难燃剂(氢氧化镁等)，随着其使用量的增加，发生的水分也会增加。以往塑化系统的料管内充满了水分。

运用SPIRAL LOGIC，塑料颗粒含有的水分透过定量供给造成的缝隙排除。并且，会避免滞留与较长的热履历而促进脱水分解。

## 泡壳



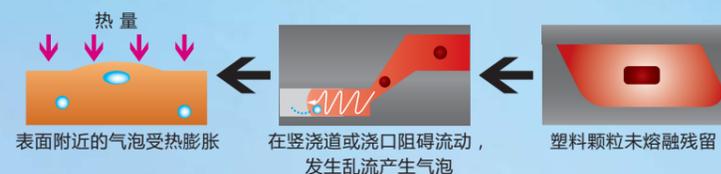
拍摄泡壳断面的X光CT照片。泡壳的原因若非气体(瓦斯)，就是塑料的不完全熔融。



泡壳是LCP连接器成形时经常出现的问题。以前对此现象出现的原因不甚理解，但是从融解的观点，可以作如下的说明。

以往的塑化系统，为了防止颗粒堵塞，冷却下料口，因此传达至颗粒的热量不多。对这些颗粒急速进行剪切发热，部份颗粒先熔融形成低粘度液体，包裹住尚未充分受热的其他颗粒，结果造成未熔融核。未熔融核进入浇口时，它会影响到流动的速度及粘性，发生螺旋流引起气泡。如果气泡位于成形品表面附近，受到热量膨胀浮出表面，便产生了泡壳。

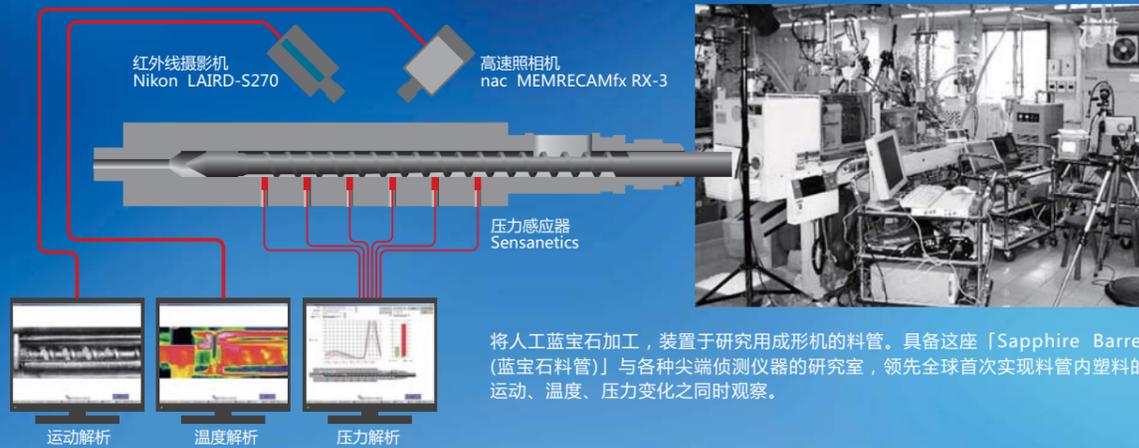
SPIRAL LOGIC在未熔融核形成方面经过特别考量，而设计热容量、螺纹形状以及条件设定软体配合专用料管，开发LS型低粘度塑料专用系统。完全而均匀的融解，防止泡壳的产生。



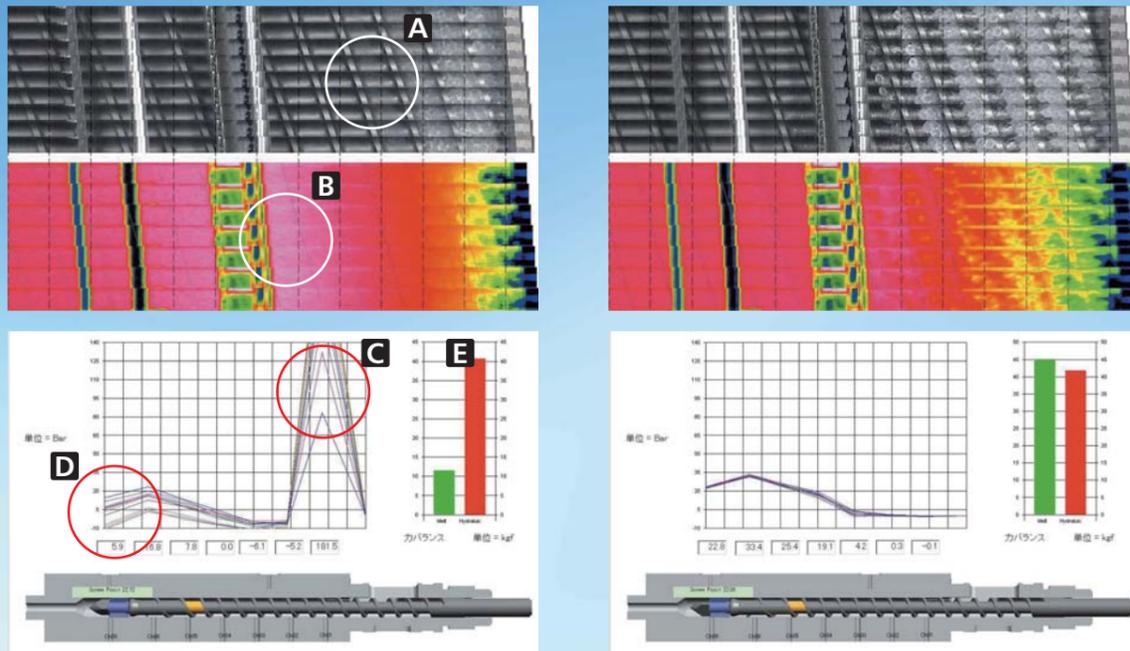
# SPIRAL LOGIC的诞生。

## 揭示剪切发热的缺失，构筑新理论。

从射出成形黎明期开始，材料与产品已产生无法想像的进化和扩张，但是螺杆的基本设计，却从1950年代都没有变化。目前在生产现场面临的多样问题，或许来自这个奇特的状况？这项单纯的疑问，就是研究开发SPIRAL LOGIC的契机。使用装置蓝宝石的特殊料管，重复观察解析料管内所发生的现象。



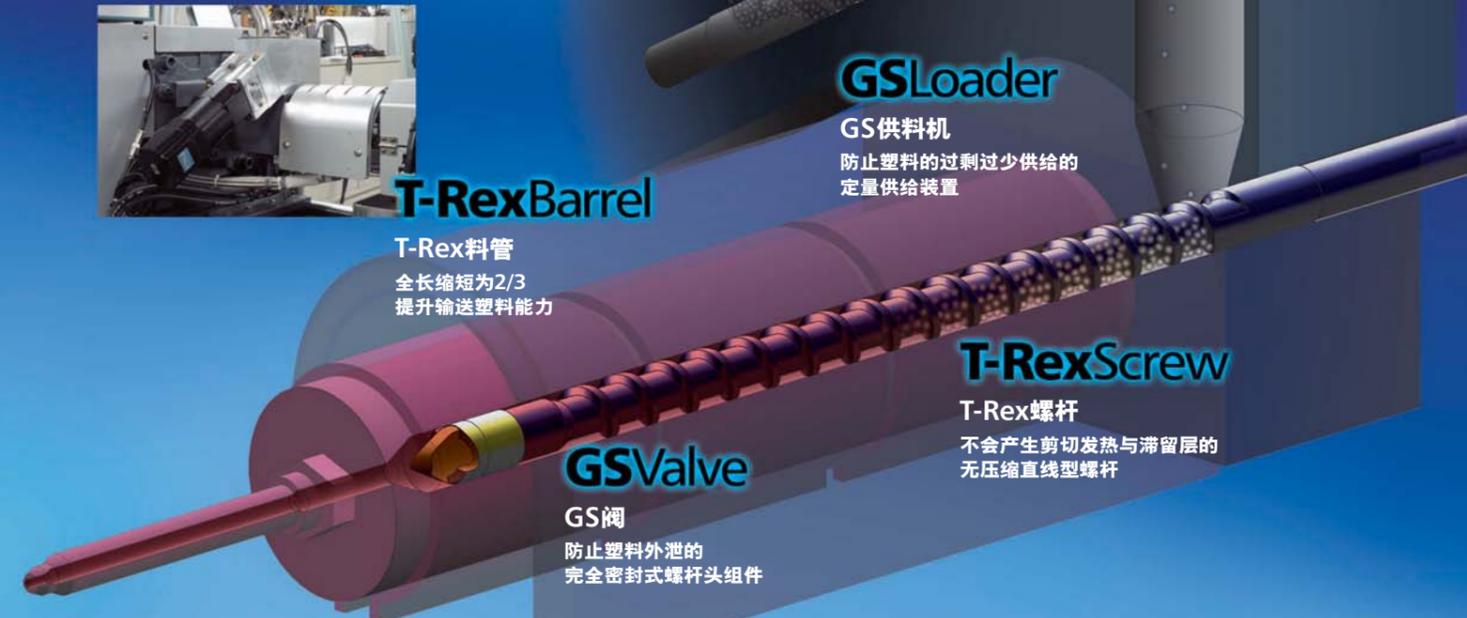
左边的图像与图表为以往塑化系统的解析。塑料颗粒从料斗进入后就立刻开始熔融(A)。使用红外线侦测，发现剪切的过剩发热(B)。压力方面，下料口附近呈现极高的压力(C)。对前方流动滞涩部位强制推挤颗粒，因而发生的压力，就是同轴式塑化结构特有现象的螺丝松退之原因。条形图(E)表示，熔融塑料压力(绿色)比螺杆退后力(红色)还低的异常关系。螺杆不是因为塑料的压力退后，却是因为螺杆回转马达的转力退后。线形图的左方(D)为熔融塑料的压力，每模的波形呈现大幅变动。螺丝松退导致熔融塑料的减压，结果导致压力变动。



综合以上解析结果，剪切发热就是塑料融解上的不稳定因素，使用剪切的塑化系统本身含有许多引起问题的原因。我们研究这项解析结果，构筑以无压缩直线型螺杆为主要技术的无剪切塑化理论，开发能够实践这项理论的装置，于2008年发表SPIRAL LOGIC。右边的图像与图表显示，SPIRAL LOGIC能够全面解决剪切发热方式塑化系统现存的问题。

# SPIRAL LOGIC的结构。

## 4项技术单元构筑完美的装置系统。



硬体方面，以不发生滞留碳化的T-Rex Screw、防止流动逆流的GS Valve、热履历短的T-Rex Barrel以及塑料定量供给的GS Loader构成无剪切塑化系统T-Rex Unit，软体方面开发监视控制T-Rex Unit的专用程式，这些装备构成了SPIRAL LOGIC。

# SPIRAL LOGIC技术拓展。

## 不会产生黑点的再生造粒机“Raptor22”。

SPIRAL LOGIC不会发生滞留碳化引起的黑点，利用这种最大优点，开发出工程塑料专用再生造粒机Raptor22。



使用Raptor22连续再生COC(APEL5014DP)的结果。

### Raptor22主要规格

主螺杆直径	22 mm
主螺杆马达消耗电量	1.5 kW
加热片容量	2.7 kW
挤出能力(参考数值)	5 kg/hr
回转刀直径	18 mm
塑料丝束	2 条
外形尺寸(WxDxH)	1,900 x 500 x 1,400 mm
重量	200 kg
电源规格	AC200V 3相4线 40A

### Raptor22再生验证实绩

- 镜片用塑料  
COC Mitsui Chemicals APEL 5014DP  
COP ZEON ZEONEX 480R  
COP ZEON ZEONEX F52R  
OKP Osaka Gas Chemicals OKP4HT  
PC TEIJIN Panlite SP-1516

- 导光板用塑料  
PC Idemitsu Kosan Taflon LC1500  
PC MEP lupilon HL-4000
- 尼龙  
PA46 DSM Stanyl TS200F6  
PA66 TORAY Amilan CM3004  
PA9T KURARAY Genestar N100A

- 弹性塑料  
TPO Mitsui Chemicals Milastomer 5030NS  
TPE Daicel-Evonik Vestamid P7283-LD
- 高性能塑料  
PEEK VICTREX 450G  
PEI SABIC ULTEM1010  
PPA SOLVAY Amodel A-4422  
LCP DIC OCTA LD-235

