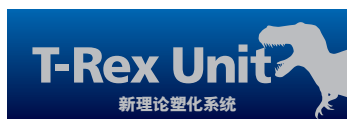


T-Rex

SPIRAL LOGIC
基础理论与操作设定指南

SPIRAL LOGIC
基础理论与操作设定指南



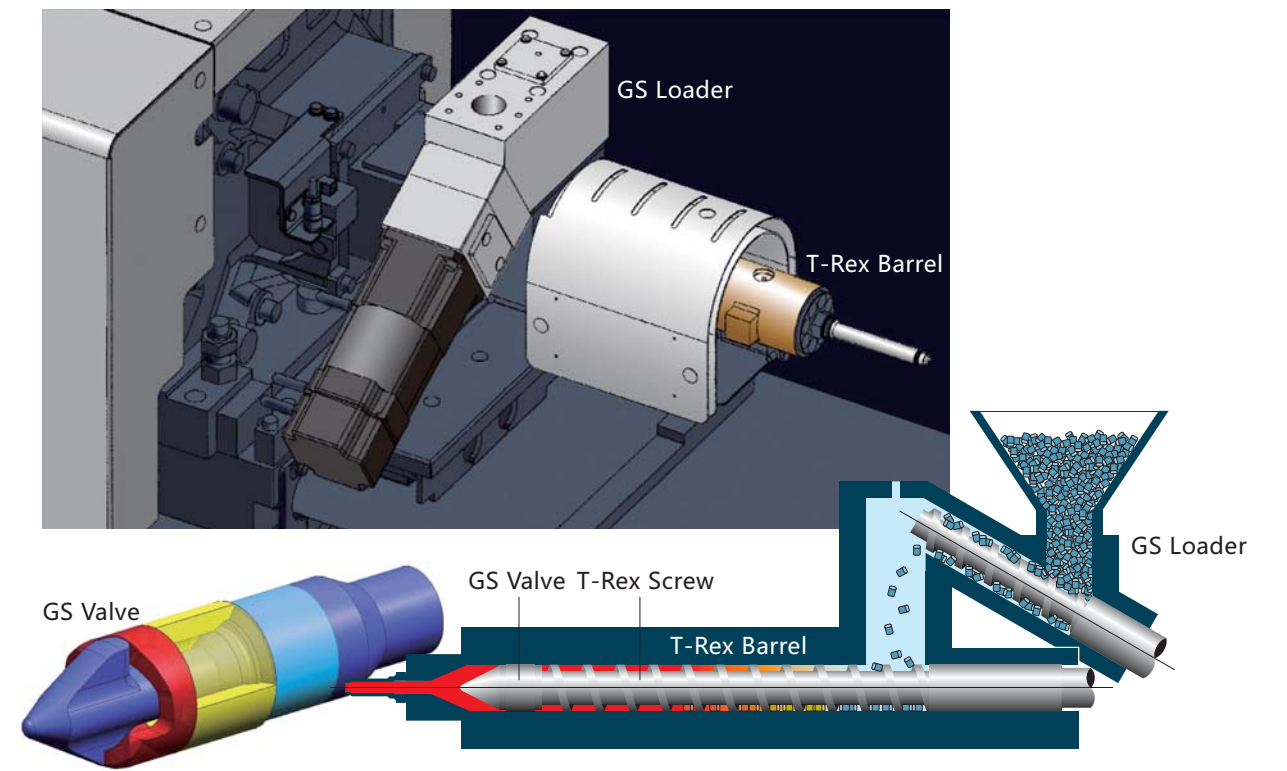
www.spirallogic.com.hk

螺旋研究所 SPIRAL LOGIC LIMITED

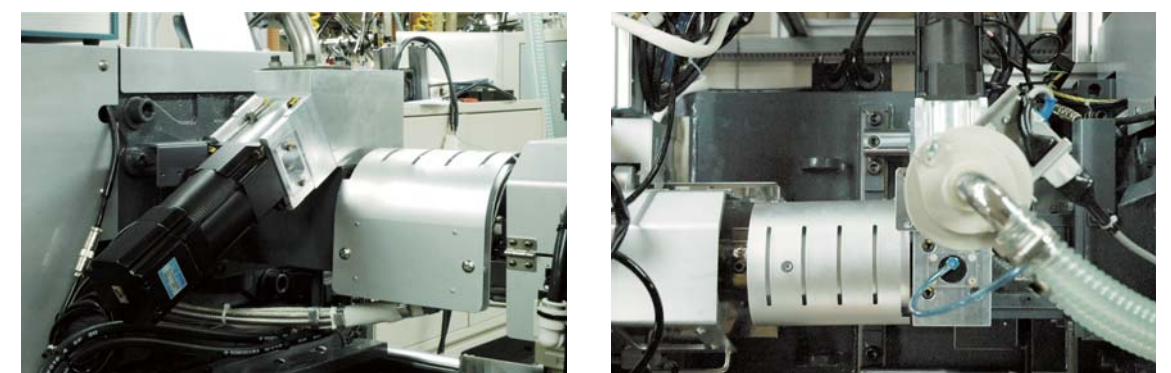
香港九龍灣宏照道11號 寶隆中心G06室
Room G6, Ground Floor, Po Lung Centre, 11 Wang Chiu Road, Kowloon Bay, Hong Kong
Tel: +852-2796-2327 Fax: +852-2796-0064 E-mail: info@spirallogic.com.hk

1 系统结构	02
2 塑化各阶段的构成与机能	03
3 设定温度	08
4 设定背压	11
5 设定主螺杆的回转数	12
6 设定GS Loader的回转数	13
7 设定GS Valve	17
8 设定松退工程	17
9 交换塑料	18
10 开始量产时的注意事项	18

SPIRAL LOGIC的塑化系统「T-Rex Unit」，以塑料定量供给的GS Loader(供料机)、装备各阶段不同功能加热片的T-Rex Barrel(加热筒)、无压缩而不发生滞留碳化的T-Rex Screw(螺杆)、以及封闭式螺杆头组件GS Valve所构成。



【图表1 T-Rex Unit的结构】

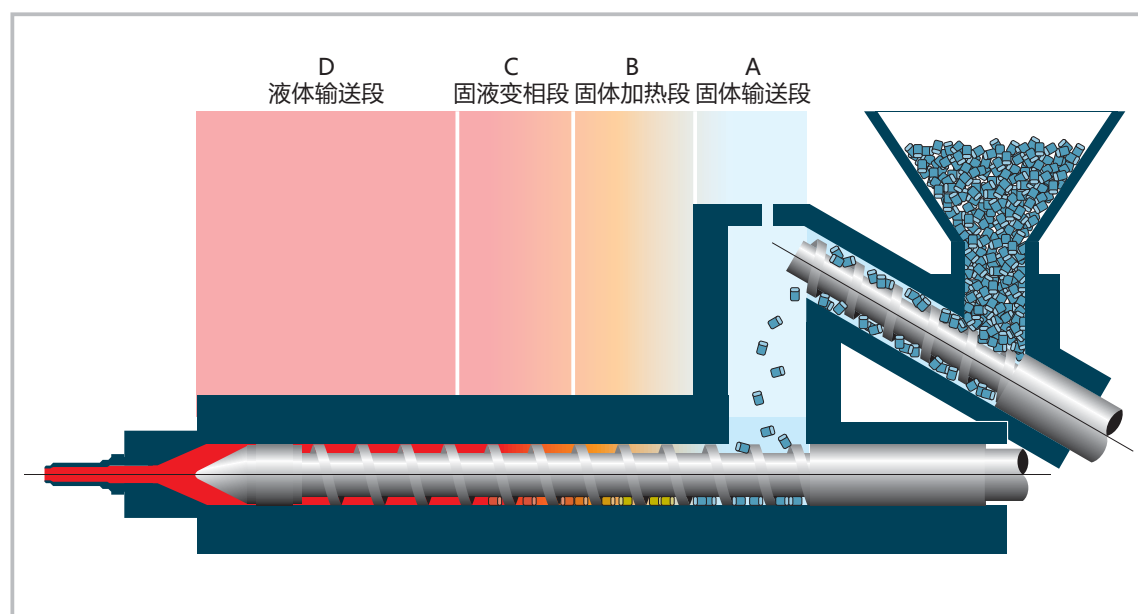


【照片1 T-Rex Unit的外型】

2 塑化各阶段的构成与机能

SPIRAL LOGIC的塑化系统，从GS Loader侧的排列顺序，以A. 固体输送段、B. 固体加热段、C. 固液变相段、D. 液体输送段的4个阶段构成，各阶段具备个别机能如下。

- A. 固体输送段：将GS Loader供给的颗粒，确实移送至加热筒前方
- B. 固体加热段：颗粒加热至接近熔点的温度
- C. 固液变相段：将固体颗粒变相为液体塑料
- D. 液体输送段：将液体塑料混炼，通过压力环及GS Valve，输送至螺杆头前方



【图表2 T-Rex Unit的机能阶段构成】

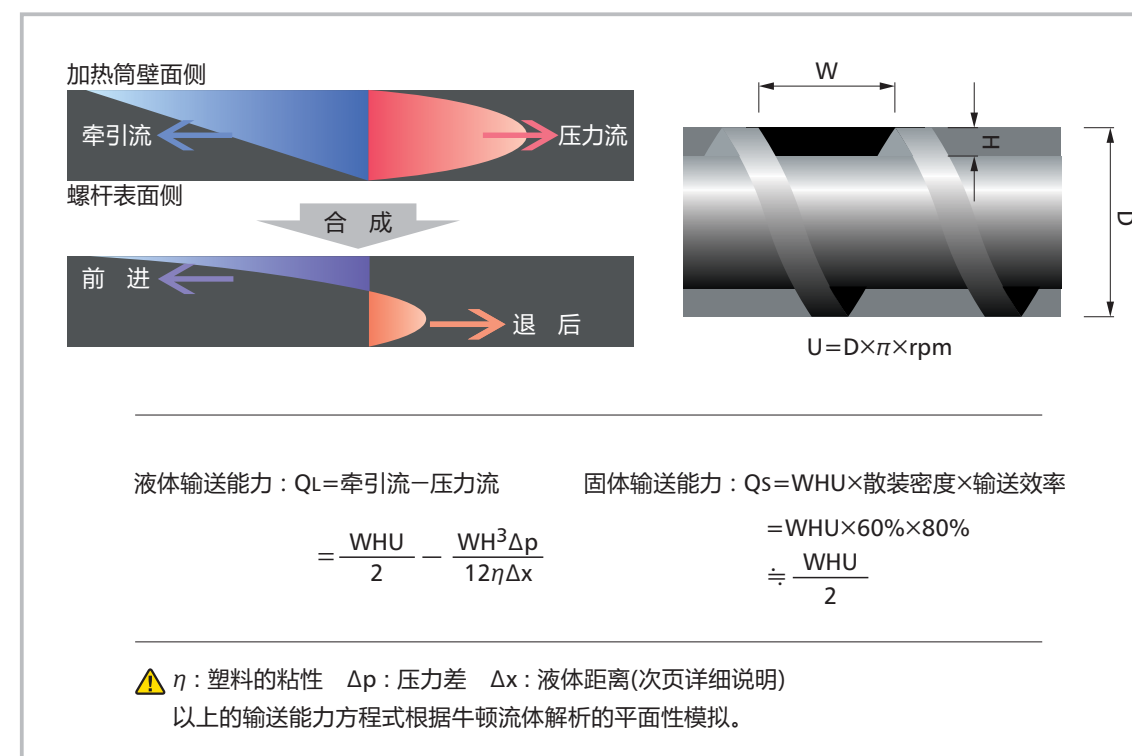
2 塑化各阶段的构成与机能

同轴(In-line)式螺杆同时处理液体塑料与固体塑料。在此说明，螺杆的液体与固体输送能力。

液体输送能力(Q_L)是，螺杆回转时发生的牵引流扣除因差压产生的压力流。低粘性塑料，因为压力流较大，液体输送能力低，高粘性塑料的液体输送能力反而较高。固体输送能力(Q_S)，其数值依据螺杆回转数、散装密度以及输送效率计算，一般塑料的数值大约与液体牵引流相同。

总之，因为液体压力流的存在，液体输送能力明显低于固体输送能力，但是在以往的塑化系统，固体颗粒持续供给，加热筒里发生异常压力，结果导致「螺杆松退」现象。此过程，在使用压力加热筒的筒报上，可以确认。

GS Loader能调节颗粒供给量，维持固体与液体的输送能力平衡。



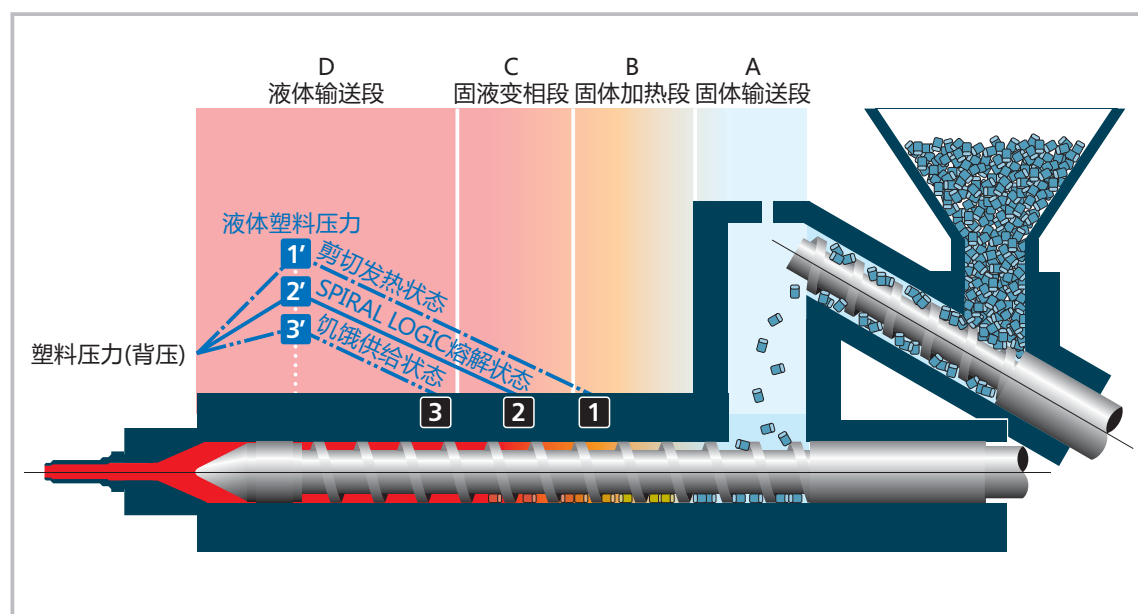
【图表3 液体与固体的输送能力】

2 塑化各阶段的构成与机能

观察液体输送段的塑料压力曲线。

若设定GSLoader过多供给时，则会呈现剪切发热状态，此时，液体开始点(固液变相点)为图中的**1**，压力环后方的压力顶点升高如**1'**。逐渐调节限制GS Loader的供给量，液体开始点挪移如**1**→**2**→**3**，对照的压力顶点亦挪移如**1'**→**2'**→**3'**。

从液体开始点至压力环后方的压力顶点的距离称为「液体距离」。液体距离雷同交通拥塞。沿途若有车道限制等的障碍(=压力环)造成交通拥塞的起点，通行车辆(=塑料颗粒)越多，拥塞区域越长。GS Loader调节了通行量(=颗粒供给量)，因而解除拥塞。



【图表4 液体塑料压力曲线的变化】

2 塑化各阶段的构成与机能

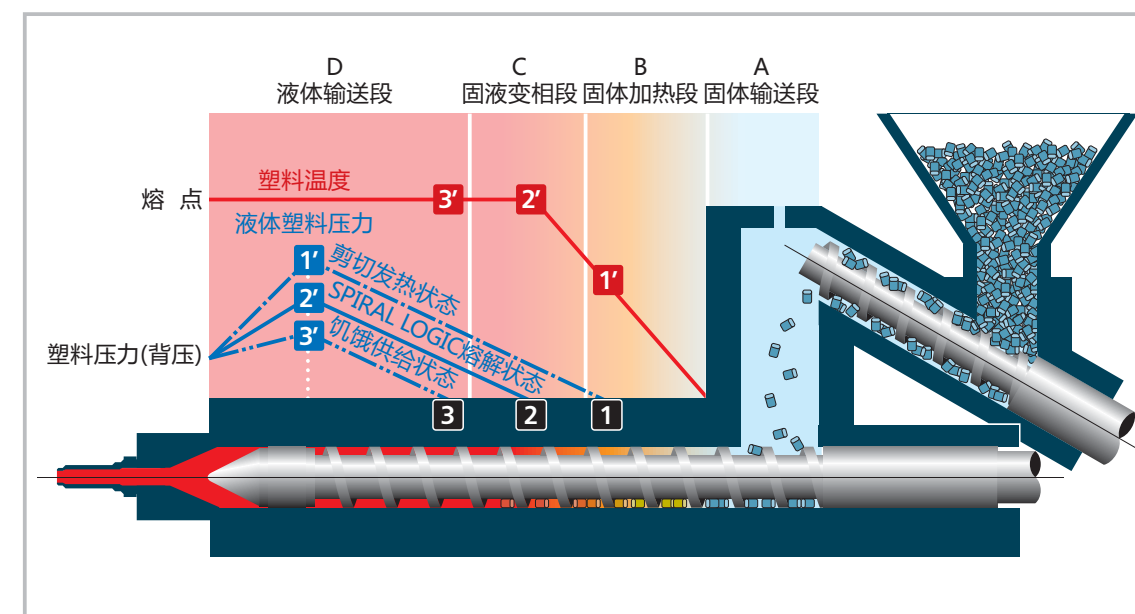
其次考量塑料温度。

由GS Loader供给的塑料颗粒，在固体加热段受热，到达液体开始点。于剪切发热状态，液体开始点的塑料温度尚未到达熔点如**1'**，必需以螺杆运动能量补充不足的热能量，而发生所谓的「剪切发热」现象，结果引起「螺杆松退」、「拖引」、「塑料温度过剩」等问题。照片2-a(下页)显示这种状态的料管内部。可以观察到螺纹空间后方的Solid Bed(未熔料)与在螺纹空间前方的Melt Pool(熔料)。而且，塑料供给后于短时间内已溶化完全。

限制GS Loader的供给量，将液体开始点调节至位于**2**之位置，并且颗粒温度刚好到达熔点，这种状态称为「SPIRAL LOGIC溶解状态」。SPIRAL LOGIC溶解状态无需剪切发热，不会引起剪切发热导致的各种问题，并且也不会发生饥饿供给状态(后述)导致的问题，可以达成极度稳定的成形。

照片2-b为SPIRAL LOGIC溶解状态，显示以GS Loader适当供给造成螺纹空间前方的空隙。

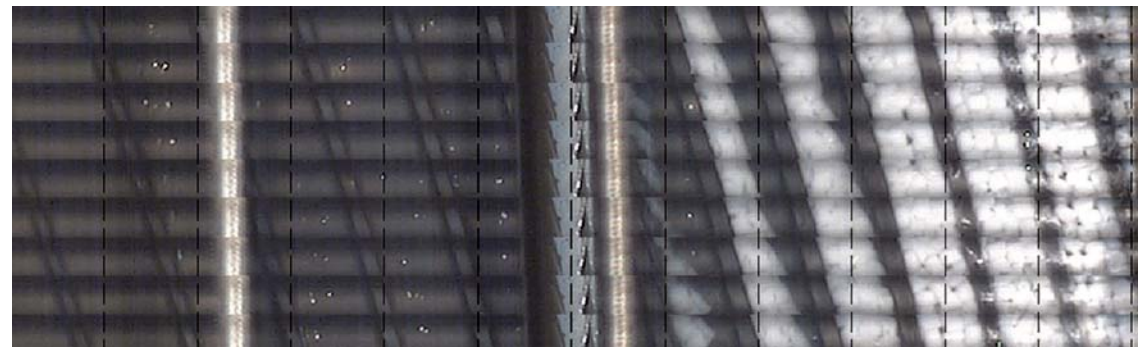
若GS Loader供给量极少，变成饥饿供给状态，液体距离缩短如**3**~**3'**，会产生「计量时间变动」、「流量不足引起的滞留碳化」、「混炼不足引起的未溶化」等问题。照片2-c为饥饿供给状态的料管内部。



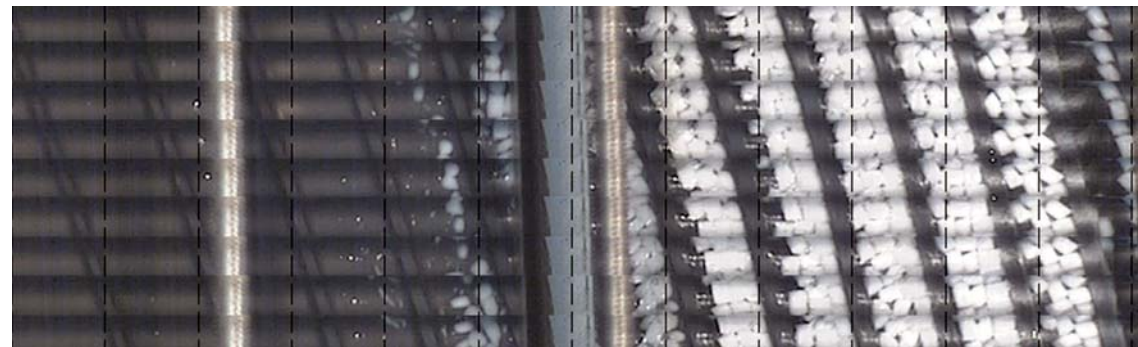
【图表5 塑料温度】

2 塑化各阶段的构成与机能

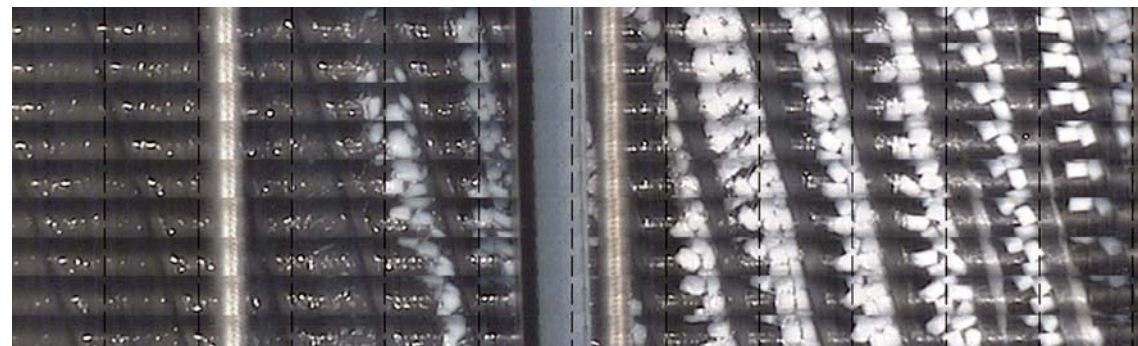
以往具备压缩段的螺杆，因为螺杆各部位的液体输送能力不同，拥塞起点的压力屏障的位置随着流量变化，熔解状态非常复杂，阻碍了对于塑化实相的了解。SPIRAL LOGIC的T-Rex Screw没有压缩段，螺纹深度整体均一。所以压力屏障能固定在压力环，螺杆任何部位皆有相同的输送能力，流量与液体距离的关系呈现线形。虽不使用压力感应器或可视化料筒等仪器，亦容易推测料管内部的塑料动态。



【照片2-a 剪切发热状态】



【照片2-b SPIRAL LOGIC熔解状态】

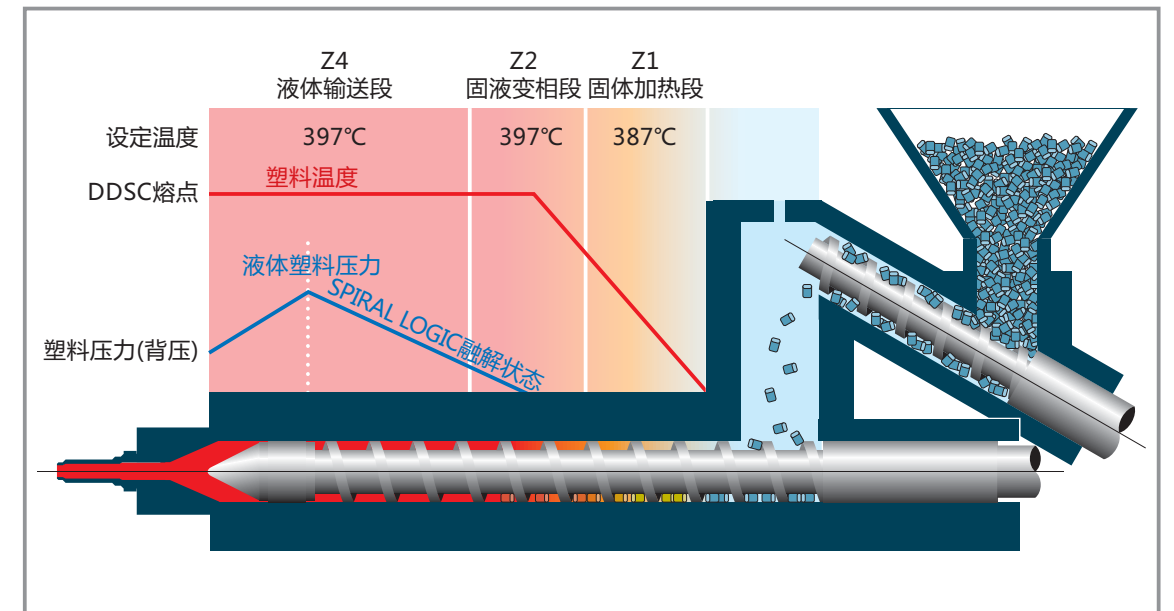


【照片2-c 饥饿供给状态】

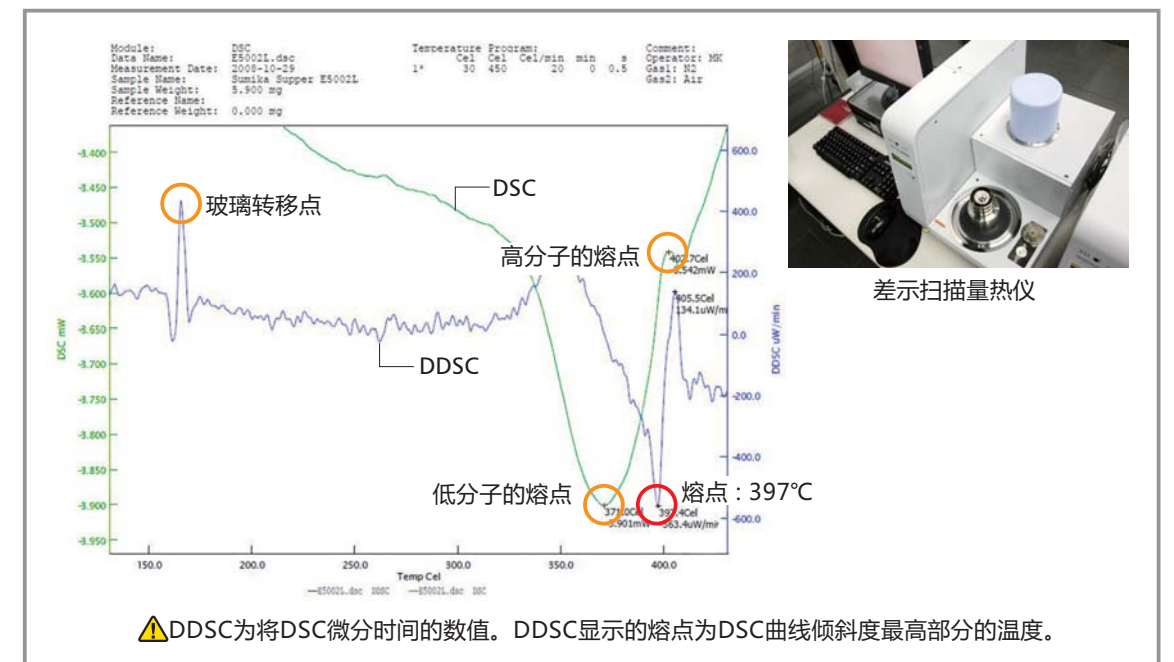
3 设定温度

T-Rex Unit的料管加热片阶段分别如下；固体加热段为第1段(Zone 1)，固液变相段为第2段(Zone 2)，液体输送段为第4段(Zone 4)。首先，第2段的温度设定为塑料的熔点。接下来，第1段温度设定比第2段低10°C。第4段的加热片，若是温度在塑料分解点以下的话，可以设定能确保射出时必要粘度的温度。T-Rex Unit不会产生供料堵塞，供料部位无需水冷，但建议设定于80°C以上的温度，以保持塑料的干燥状态。

若使用结晶性塑料，理想是，熔点设定为差示扫描量热仪测量的DDSC顶点温度。以下图表是LCP SUMIKA SUPER E5002L的设定实例。



【图表6 SUMIKA SUPER E5002L的设定温度实例】



⚠ DDSC为将DSC微分时间的数值。DDSC显示的熔点为DSC曲线倾斜度最高部分的温度。

【图表7 使用差示扫描量热仪(DSC)特定SUMIKA SUPER E5002L的熔点】

SPIRAL LOGIC LIMITED可以接受客户的委托，进行实际使用塑料的DDSC/TG(次页详细)测量，提供分析档案的技术服务。若感到「塑化工程不顺利」，或是试用新塑料的时候，敬请利用本服务。目前，100种以上代表性塑料与其等级的DDSC档案已建档，这些塑料及等级的档案能够立刻提供参考。未建档的塑料及等级，请提供数公克新料颗粒，在1~2日即可完成该塑料的分析。

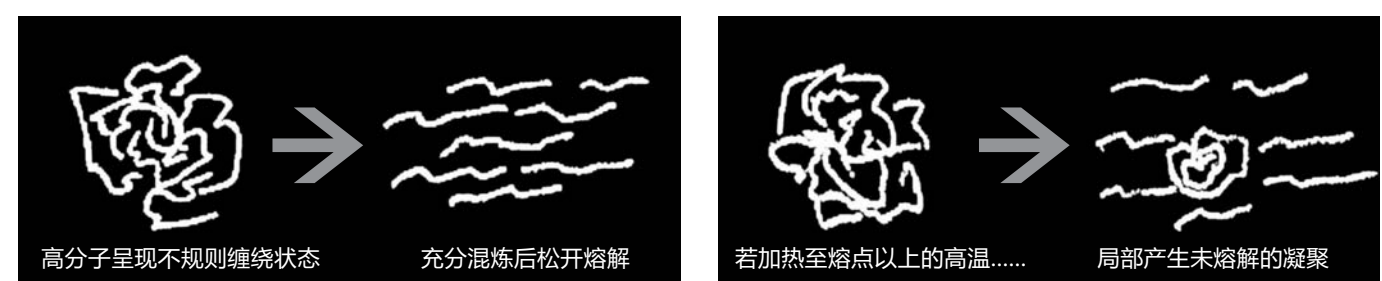
⚠ 本服务为免费，但分析结果的档案，于SPIRAL LOGIC LIMITED无限制利用，敬请谅解。

塑料	厂商	牌名	等级	DDSC温度(°C)
LCP	住友化学	SUMIKA SUPER	E6006L	331.4
LCP	新日本石油	Xyder	NE123	406.3
LCP	上野制药	UENO LCP	2030G	351.2
LCP	Polypalstics	VECTRA	E130G	346.6
PPS	Polypalstics	FORTRON	1140A6	288.7
PBT	Polypalstics	DURANEX	3300	229.4
PA46	DSM	Stanyl	TS200F6	293.4

【表格1 塑料以及等级别的DDSC实例】

熔解LCP等低粘性塑料时发生，「设定温度过高时产生未熔解」的奇妙现象。为了使高分子物质完全熔解，如下图左边，必需将不规则缠绕的高分子以剪切(拖拉)作用松开。可是，塑料加热至熔点以上的高温，开始熔解的颗粒粘度急速降低，尚未熔解的颗粒会凝聚，如下图右边所示，产生未熔解。未熔解塑料破坏浇口的平衡性，并且会引起浇口的螺旋乱流，可能导致产生泡壳的气泡。

SPIRAL LOGIC，如上页说明，使用结晶性塑料的DDSC设定适当的温度，可以防止未熔解发生。在DDSC的熔点温度，塑料的液体粘度相当高，混炼作用的效果良好。

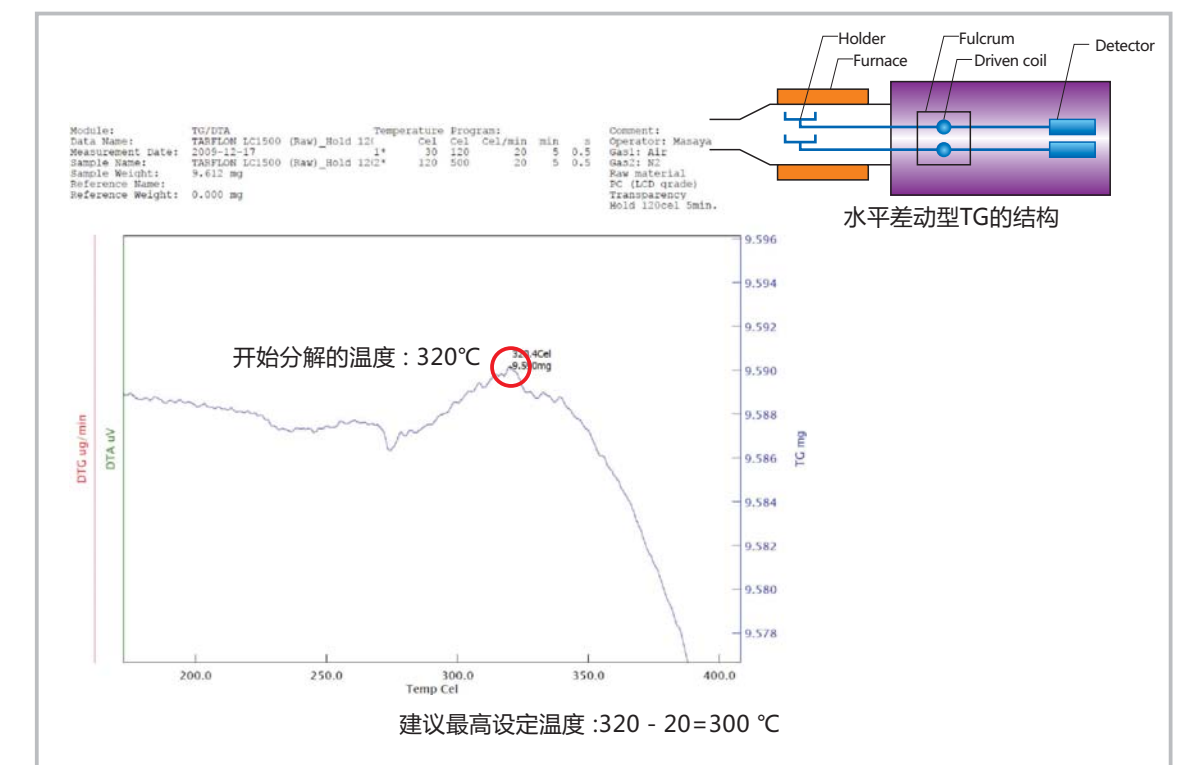


【图表8 塑料的熔解状态】

非晶性塑料没有「熔点」的概念，一般说，玻璃转移点以上的温度状态为液体相。所以，设定第2段与第1段的温度时，无法运用结晶性塑料的方式。第4段加热片的温度，视塑料射出时必要的粘度而定，根据经验法则决定。第2段温度设定为第4段温度+0-20°C的范围内，第1段设定建议比第2段温度低10°C。

第4段与喷嘴的最高温度，使用热重分析仪(TG)测量后决定。以下图表表示特定PC TARFLON LC1500的上限温度的实例。基于安全考量，最高设定温度比热重分析仪测量出的塑料分解温度-20°C。

T-Rex Unit仅使用加热片的热量熔解塑料，不会发生过剩发热。所以，开始分解的温度较低的塑料受到的热履历亦较短。

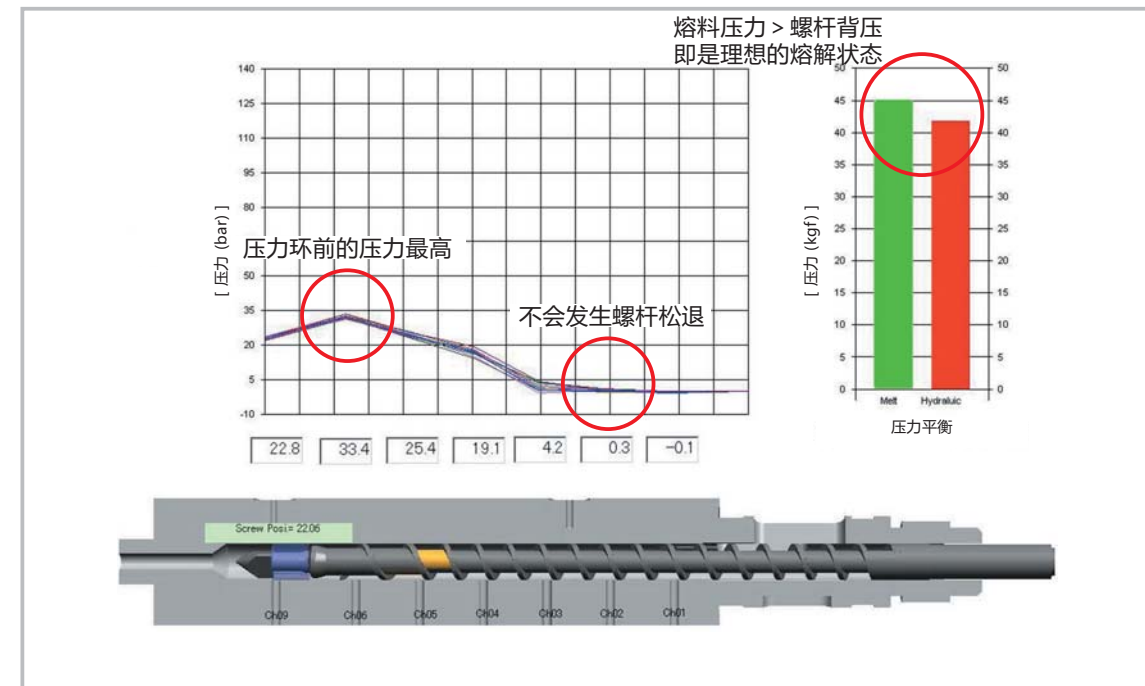


【图表9 使用热重分析仪(TG)特定PC TARFLON LC1500上限温度】

4 设定背压

T-Rex Unit的料管内压力，在通过压力环时最高。因此，没有设定背压，压力环前方的熔解塑料不会混入气体或瓦斯，亦不会产生「螺杆松退」。螺杆仅受到压力环前方的熔解塑料压力而退后，所以不要为了提高混炼性而考虑设定背压。

T-Rex Unit设定背压的目的是防止从喷嘴侧吸引空气，设定1至2 MPa就足够。除了以下提出的特殊条件以外，基本上从开始计量到完毕背压设定同一数值即可。



【图表10 T-Rex Unit的料管内压力分布】

射出行程较长时，受到射出的影响固体塑料之间形成空洞，有时计量中螺杆会暂停退后动作或计量时间发生变动。在这种情况下时，可以采用以下方法；开始计量时设定较高背压(2至3 MPa)，抑制前半工程的螺杆退后，将形成的空洞以供料补充。

5 设定主螺杆的回转数

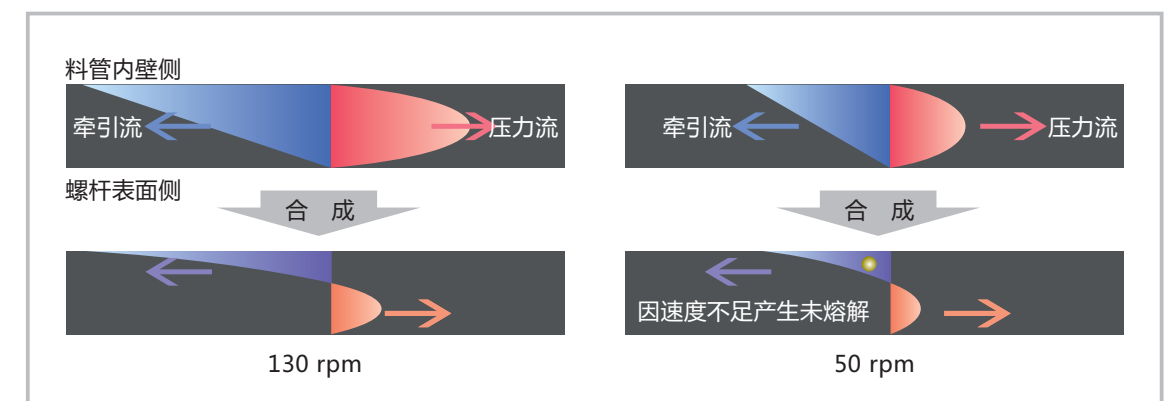
T-Rex Unit的主螺杆回转数，视塑料的粘性而定。下表表示建议设定的回转数。

使用以往的塑化系统进行光学镜片等排出黑点的产品成形时，平常抑制主螺杆回转数于40至80rpm，企图缩减压缩段的碳化层，但是运用此种方式，如下图说明，螺纹空间的剪切速度不足，结果发生未溶解导致白点。T-Rex Unit没有形成滞留碳化层的条件，使用APEL或ZEONEX亦建议设定主螺杆回转数于150至200rpm。

并且，T-Rex Unit建议从开始计量到完毕，回转数设定同一数值。使用以往的塑化系统时，一般定论「计量完毕时降低回转数，计量会稳定」，这是螺杆松退的对策，运用于T-Rex Unit没有实质上的意义。

粘性或种类	塑料实例	主螺杆回转数
高粘性	POM	100至150 rpm
中粘性	PA6	150至250 rpm
低粘性	LCP	300至350 rpm
光学镜片	COP(APEL, ZEONEX)	150至200 rpm

【表格2 使用SL16(Φ16mm)时的建议主螺杆回转数】



【图表11 主螺杆回转数与输送能力(速度)】

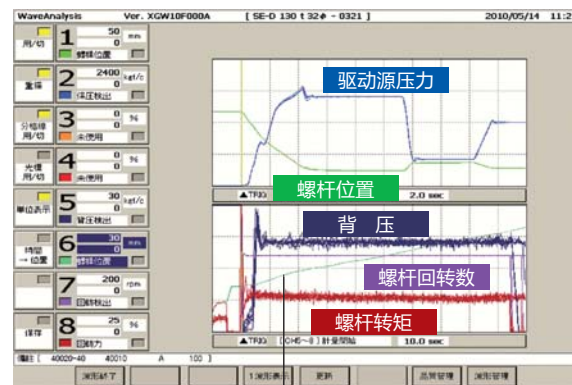
6 设定GS Loader的回转数

为了完成SPIRAL LOGIC熔解状态，GS Loader的回转数从饥饿供给状态开始逐渐提高数值，观察成形机显示的波形以决定适当供给量。此时，波形判定为重要的基准，请参考以下实例。

T-Rex Unit	SL32(φ32mm)
塑料	PC(+GF)
主螺杆回转数	120 rpm
背压	2 MPa

■GS Loader设定：40%

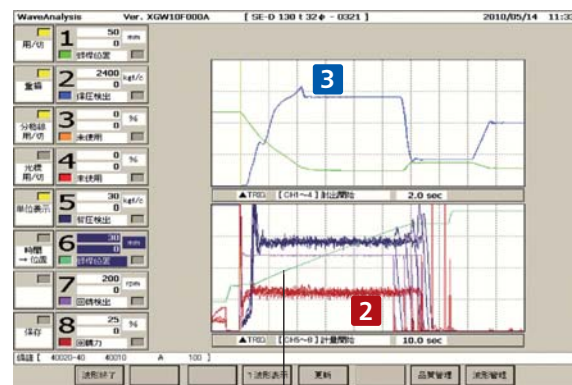
在饥饿供给状态，螺杆退后曲线非为直线，速度变动使波形歪曲。颗粒供给量不够，无法填充射出行程中出现的空洞，所以发生速度变动。螺杆转矩低，而且曲线与退后速度发生同样的歪曲。并且，在饥饿供给状态，因为塑料的熔解不足，射出时的压力亦会变动。



描线呈现歪曲

■GS Loader设定：70%

在SPIRAL LOGIC熔解状态，螺杆退后描线呈现直线(1)，螺杆转矩与射出时的压力亦呈现稳定(2 3)。

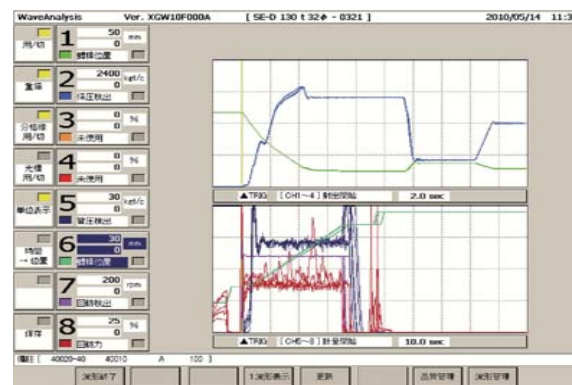


描线呈现直线

■GS Loader设定：120%

在剪切发热状态，螺杆转矩波形发生大振幅。有的塑料呈现右上倾斜的波形。因为射出时的压力变动，而且产生「拖引」现象，最高压力数值比SPIRAL LOGIC熔解状态还高。

计量时发生「螺杆松退」，计量时间可能会稳定，但最重要的计量密度却不稳定。



6 设定GS Loader的回转数

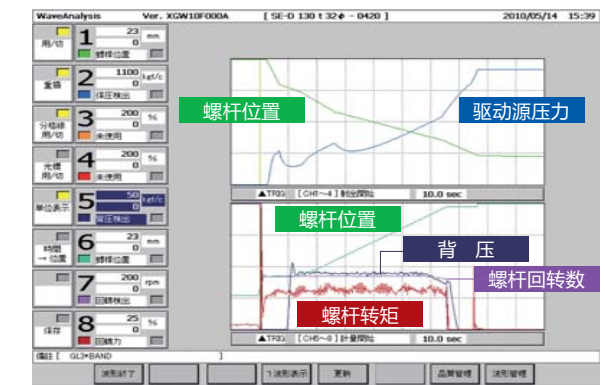
在此，说明使用Elastomer(弹性塑料)时的设定实例。需要调节GS Loader与主螺杆回转数的2个项目。

T-Rex Unit	SL32(φ32mm)
塑料	Elastomer

■GS Loader设定：200%

■主螺杆回转数：85 rpm

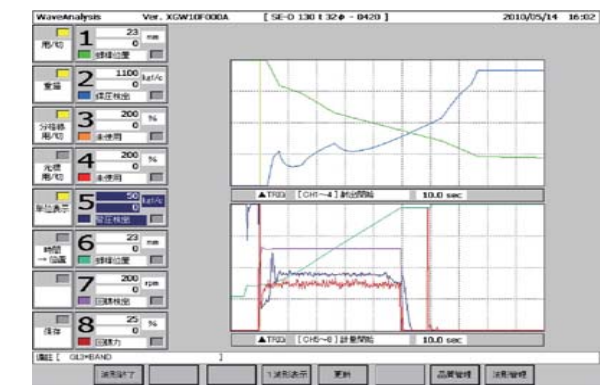
主螺杆回转数过低，而且呈现饥饿供给状态。因为液体塑料的压力不足，螺杆与料管之间的润滑性不佳，螺杆转矩波形上增加回转数的波动。



■GS Loader设定：250%

■主螺杆回转数：120 rpm

调高GS Loader的回转数与主螺杆回转数，完成SPIRAL LOGIC熔解状态。

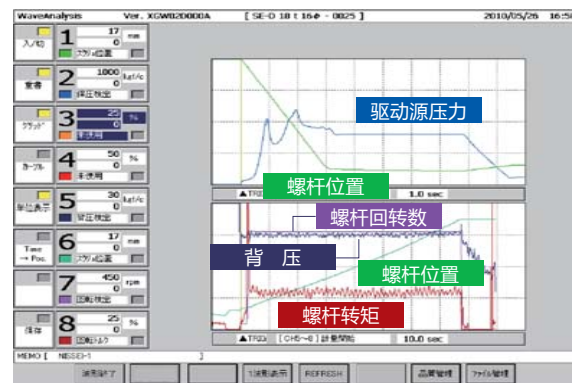


6 设定GS Loader的回转数

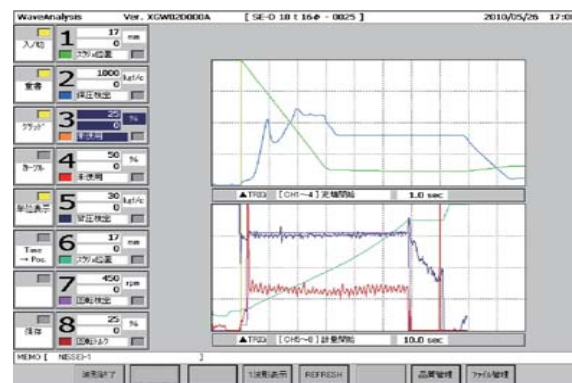
接下来，说明使用LCP时的设定实例。LCP之类塑料，螺杆转矩波形上没有明显的差别，无法发现以下3种波形之中哪1种是SPIRAL LOGIC溶解状态。在此种状况，利用第1.5段(Zone 1.5)的温度，可以判别SPIRAL LOGIC溶解状态。(第1.5段的热电耦装备于LS型加热筒。次页详细说明。)

T-Rex Unit	SL16(φ16mm) · LS Barrel
塑料	LCP XyDAR RC-210
主螺杆回转数	350 rpm
射出重量	2.0 g

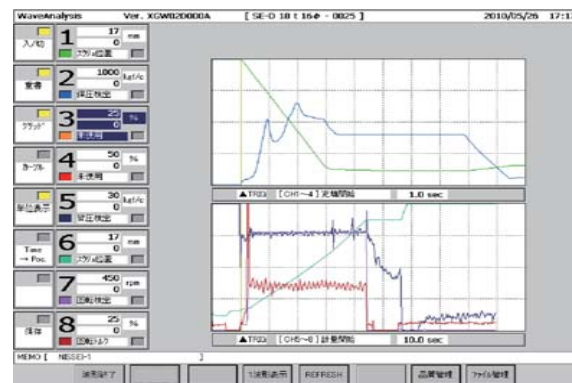
■GS Loader设定：12%



■GS Loader设定：18%

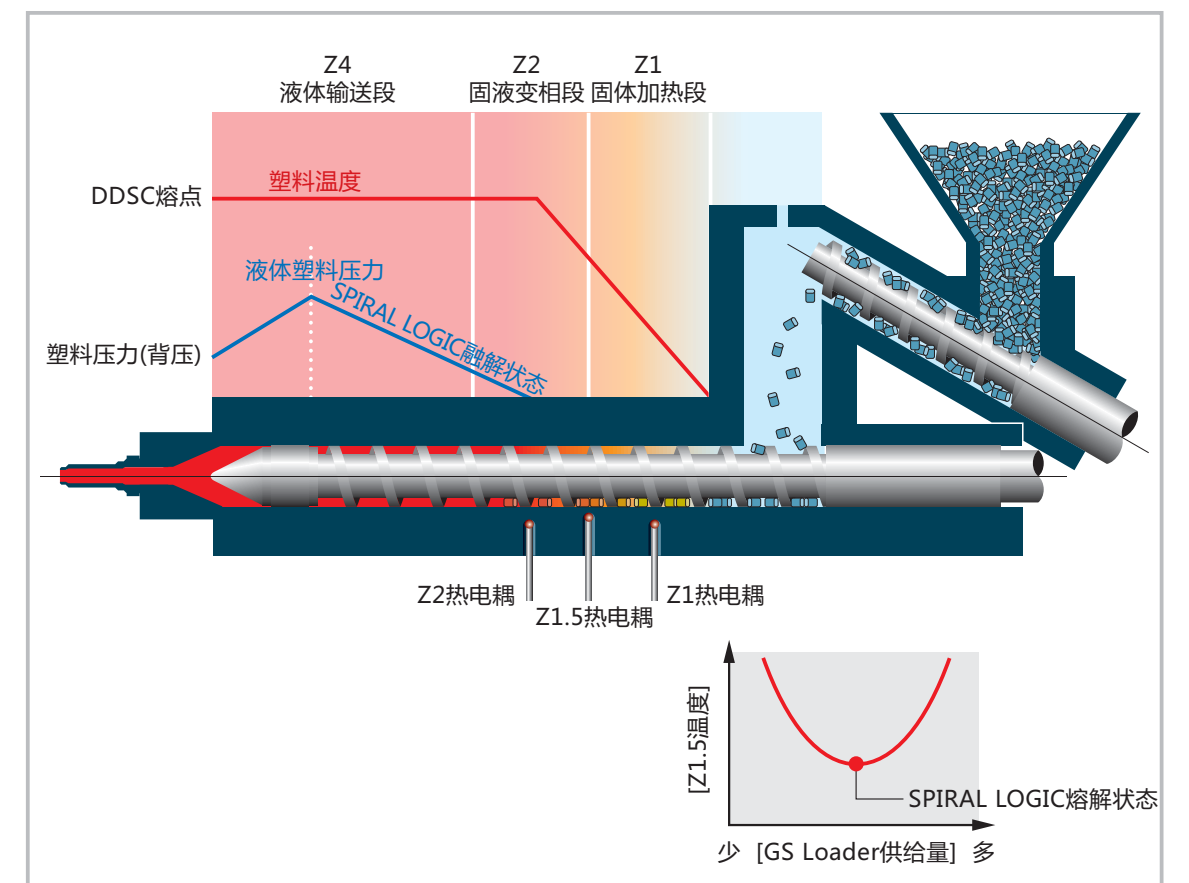


■GS Loader设定：24%



6 设定GS Loader的回转数

从波形不易判断SPIRALLOGIC溶解状态时，利用第1.5段(Zone 1.5)的温度来决定。针对SL16(φ16mm)开发出的LS Barrel具备第1.5段(Zone 1.5)热电耦。供给量较低的饥饿供给状态时，因为热量没有充分传达到塑料，第1.5段的温度呈高温。供给量逐渐增加，此处温度会降低，SPIRAL LOGIC溶解状态时到达最低点。再继续增加供给量，受到剪切发热温度会提升(下图中的曲线)。总之，第1.5段的温度最低的时候，能够在GS Loader设定最适当的数值，完成SPIRAL LOGIC溶解状态。



【图12 利用LS Barrel的第1.5段温度设定GS Loader】

前页的LCP实例，实际测量的结果证明，第1.5段温度最低的GS Loader设定值为18%时，完成SPIRAL LOGIC溶解状态。

GS Loader 设定值	Z1.5温度	残余量		最高压力		计量时间	
		平均	变动范围	平均	变动范围	平均	变动范围
12%	402.7	1.881	0.036	612.0	57.8	8.00	0.33
18%	398.8	1.937	0.029	626.4	37.1	5.21	0.21
24%	404.5	1.888	0.045	678.4	57.8	3.97	0.08

【表格3 以实际测量值验证SPIRAL LOGIC溶解状态】

7 设定GS Valve

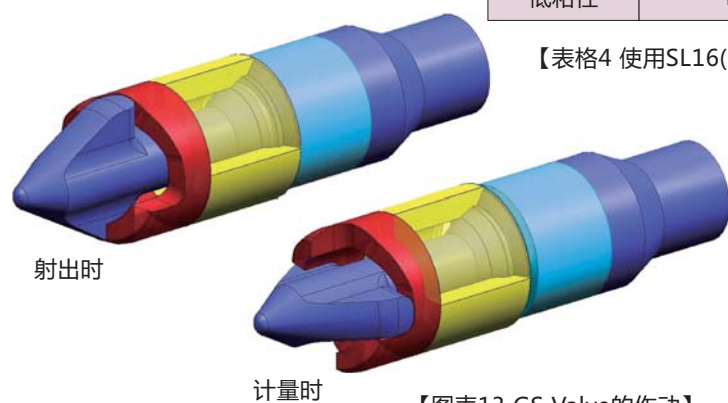
计量完毕后，以螺杆逆转GS Valve作动，防止松退时的塑料流入与射出时的逆止环封闭延迟，达成稳定成形。

GS Valve的旋转角度设定为120至180度，逆回转数依照塑料粘性决定(参阅下表)。虽计量稳定，若不规则发生短射或缩水的情况，可能是GS Valve没有完全封闭。此时，旋转角度加大，并降低逆回转速度，可以解决问题。

为了避免凸轮环的接触面与头部的转角部位的磨损，必需消除射出残压后才开始计量回转，开始计量延迟时间设定0.1至0.5秒。

粘性	塑料实例	主螺杆逆回转速度
高粘性	POM	10至40 rpm
中粘性	PA6	20至50 rpm
低粘性	LCP	40至70 rpm

【表格4 使用SL16(Φ16mm)时的建议主螺杆逆回转速度】



【图表13 GS Valve的作动】

8 设定松退工程

因为GS Valve阻碍从螺杆侧塑料流入，建议设定0至2mm左右的松退距离与15至30mm/s的松退速度。请注意，若松退距离过长，喷嘴会吸引气体形成冷料块或气泡。

9 交换塑料

SPIRAL LOGIC不会产生塑料滞留，依照供料的顺序射出。所以，在同一温度领域(50°C以内)的塑料之间，无需分解螺杆结构，按照以下过程完成交换塑料。

1. 排出现有塑料

将GS Loader内部残留的塑料清扫去除，进行料管排料。

2. 置换新料

将加热片的温度重新设定为新料的数值，温度升高完毕后，以新料清料。此时，GS Loader的设定值调节比量产时的数值高出10至50%，促进置换固液变相段内的塑料。

若2种交换塑料的温度领域差超过50°C时，由于下列的理由，建议分解清洁螺杆结构，再交换塑料。

A. 低温塑料换成高温塑料时

--加热片升温时，残留的低温塑料会烧焦，造成黑点的发生

B. 高温塑料换成低温塑料时

--于喷嘴内部等部位残留的高温塑料会凝固，射出低温塑料时陆续剥落混入成品里，导致异物不良状况。

若使用同一塑料换色时，不必经过清料过程直接进行换料，于数模内即可完成换色。

10 开始量产时的注意事项

1. 清料时，若不变更GS Loader的设定，因塑料会从喷嘴流出，计量时间比量产时间长，呈现供给过多状态。在此状态下开始量产，为了消除供给过多的塑料反而会浪费时间，降低生产效率。量产前的清料工程中，GS Loader的设定值调节至量产时的一半。
2. GS Loader与料斗连接部位及上方透明盖需紧密锁定，防止供料时漏气导致塑料逆送现象。
3. GS Loader上面的透明盖发生水滴凝聚的情况时，加装Φ6mm空气导管连接至输料管路的回收管侧。
4. 料斗玻璃管内若有大量塑料毛屑滞留于管壁上时，清洁供料装置的过滤网，以免阻碍GS Loader正常运转。
5. GS Valve分解清洁后重新装配时，需先将料管升温至200度，再次确认GS Valve确定锁紧，以免量产时脱落。



【照片3 GS Loader上方】