



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110331346 A

(43)申请公布日 2019.10.15

(21)申请号 201910420128.6  
(22)申请日 2014.04.13  
(30)优先权数据  
2013205082 2013.04.13 AU  
(62)分案原申请数据  
201480020343.2 2014.04.13  
(71)申请人 一钢强力有限公司  
地址 澳大利亚新南威尔士  
(72)发明人 格雷姆·麦格雷戈  
(74)专利代理机构 北京海智友知识产权代理事  
务所(普通合伙) 11455  
代理人 施蕾  
(51)Int.Cl.  
G22C 38/60(2006.01)  
G22C 38/54(2006.01)

C22C 38/50(2006.01)  
C22C 38/48(2006.01)  
C22C 38/46(2006.01)  
C22C 38/44(2006.01)  
C22C 38/42(2006.01)  
C22C 38/06(2006.01)  
C22C 38/04(2006.01)  
C22C 38/02(2006.01)  
C21D 9/46(2006.01)  
C21D 9/52(2006.01)  
C21D 8/02(2006.01)  
C21D 8/06(2006.01)  
C21D 7/13(2006.01)  
C21D 6/00(2006.01)

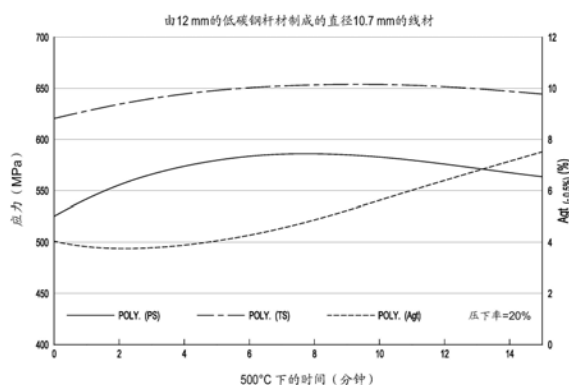
权利要求书4页 说明书19页 附图33页

### (54)发明名称

钢制品以及生产该钢制品的方法

### (57)摘要

生产钢制品的方法包括:对经过机械加工的钢制品进行热处理;以及保持或者增大钢的塑性和保持或者增大钢的屈服应力。通过该方法制成的经过机械加工和热处理的钢制品。



1. 生产钢制品的方法, 包括:

对经过机械加工的低碳钢、中碳钢或者低合金高强度钢的钢制品以高于150℃且低于750℃的温度和大于10分钟且少于16小时的时间进行热处理,

其中, 所述钢制品呈以下形式:

线材、杆材、和棒材中任一种; 以及

由线材、杆材、和棒材中任一种制成的钢制品; 以及

增大钢的塑性和钢的屈服应力, 并且经过热处理的钢的以延伸率测量的塑性相对于经过机械加工的钢的以延伸率测量的塑性增大超过5%, 经过热处理的钢的屈服应力相对于经过机械加工的钢的屈服应力增大超过5%;

所述低碳钢包括: wt. % 小于0.3%的C, 作为额外添加元素添加至该钢的其他元素, 如Si和Mn; 残留/偶然杂质; 以及其余成分Fe;

所述中碳钢包括: wt. % 为0.3-2.0%的C; 作为额外添加元素添加至该钢的其他元素, 如Si和Mn; 残留/偶然杂质; 以及其余成分Fe;

所述低合金高强度钢包括以下以wt. %计的通常成分:

C: 0.07-0.30%;

Si: 0.9%或者更小;

Mn: 2.0%或者更小;

Mo: 0.35%或者更小;

Ti: 0.1%或者更小;

V: 0.1%或者更小;

Nb: 0.1%或者更小;

Cu: 0.1%或者更小;

N: 0.02%或者更小;

S: 0.05%或者更小;

Al: 0.05%或者更小;

残留/偶然杂质: 1.0%或者更小; 以及

Fe: 其余成分。

2. 如权利要求1所述的方法, 还包括: 增大钢的抗拉强度。

3. 生产钢制品的方法, 包括

(a) 对低碳钢、中碳钢或者低合金高强度钢进行机械加工,

其中,

所述低碳钢包括: wt. % 小于0.3%的C, 作为额外添加元素添加至该钢的其他元素, 如Si和Mn; 残留/偶然杂质; 以及其余成分Fe;

所述中碳钢包括: wt. % 为0.3-2.0%的C; 作为额外添加元素添加至该钢的其他元素, 如Si和Mn; 残留/偶然杂质; 以及其余成分Fe;

所述低合金高强度钢包括以下以wt. %计的通常成分:

C: 0.07-0.30%;

Si: 0.9%或者更小;

Mn: 2.0%或者更小;

Mo:0.35%或者更小;  
Ti:0.1%或者更小;  
V:0.1%或者更小;  
Nb:0.1%或者更小;  
Cu:0.1%或者更小;  
N:0.02%或者更小;  
S:0.05%或者更小;  
Al:0.05%或者更小;  
残留/偶然杂质:1.0%或者更小;以及  
Fe:其余成分;

(b) 对经过机械加工的钢以高于150℃且低于750℃的温度和大于10分钟且少于16小时的时间进行热处理,以及增大钢的塑性和钢的屈服应力,并且经过热处理的钢的以延伸率测量的塑性相对于经过机械加工的钢的以延伸率测量的塑性增大超过5%,经过热处理的钢的屈服应力相对于经过机械加工的钢的屈服应力增大超过5%;以及

(c) 形成钢制品,

其中,所述钢制品呈以下形式:

线材、杆材、和棒材中任一种;以及

由线材、杆材、和棒材中任一种制成的钢制品。

4. 如权利要求3所述的方法,其中,机械加工步骤(a)包括冷轧、冷拔、或者其他任何适合的机械加工步骤,只要这种包括的机械加工步骤减小进料钢的横截面面积。

5. 如权利要求3所述的方法,其中,机械加工步骤(a)包括冷轧、冷拔、或者其他任何适合的机械加工步骤,只要这种包括的机械加工步骤改变进料钢的横截面形状。

6. 生产钢制品的方法,包括:

(a) 对低碳钢、中碳钢或者低合金高强度钢的钢制品进行机械加工,其中,所述钢制品呈以下形式:

线材、杆材、和棒材中任一种;以及

由线材、杆材、和棒材中任一种制成的钢制品,

所述低碳钢包括:wt.%小于0.3%的C,作为额外添加元素添加至该钢的其他元素,如Si和Mn;残留/偶然杂质;以及其余成分Fe;

所述中碳钢包括:wt.%为0.3-2.0%的C;作为额外添加元素添加至该钢的其他元素,如Si和Mn;残留/偶然杂质;以及其余成分Fe;

所述低合金高强度钢包括以下以wt.%计的通常成分:

C:0.07-0.30%;  
Si:0.9%或者更小;  
Mn:2.0%或者更小;  
Mo:0.35%或者更小;  
Ti:0.1%或者更小;  
V:0.1%或者更小;  
Nb:0.1%或者更小;

Cu:0.1%或者更小;  
N:0.02%或者更小;  
S:0.05%或者更小;  
Al:0.05%或者更小;  
残留/偶然杂质:1.0%或者更小;以及  
Fe:其余成分;以及

(b) 对经过机械加工的钢制品以高于150℃且低于750℃的温度和大于10分钟且少于16小时的时间进行热处理,以及增大钢的塑性和钢的屈服应力,并且经过热处理的钢的以延伸率测量的塑性相对于经过机械加工的钢的以延伸率测量的塑性增大超过5%,经过热处理的钢的屈服应力相对于经过机械加工的钢的屈服应力增大超过5%。

7. 如权利要求6所述的方法,其中,机械加工步骤(a)包括冷轧、冷拔、或者其他任何适合的机械加工步骤,只要这种包括的机械加工步骤减小钢制品的横截面面积。

8. 如权利要求6所述的方法,其中,机械加工步骤(a)包括冷轧、冷拔、或者其他任何适合的机械加工步骤,只要这种包括的机械加工步骤改变进料钢的横截面形状。

9. 生产钢制品的方法,包括

(a) 对低碳钢、中碳钢或者低合金高强度钢进行机械加工

其中,

所述低碳钢包括:wt.%小于0.3%的C,作为额外添加元素添加至该钢的其他元素,如Si和Mn;残留/偶然杂质;以及其余成分Fe;

所述中碳钢包括:wt.%为0.3-2.0%的C;作为额外添加元素添加至该钢的其他元素,如Si和Mn;残留/偶然杂质;以及其余成分Fe;

所述低合金高强度钢包括以下以wt.%计的通常成分:

C:0.07-0.30%;  
Si:0.9%或者更小;  
Mn:2.0%或者更小;  
Mo:0.35%或者更小;  
Ti:0.1%或者更小;  
V:0.1%或者更小;  
Nb:0.1%或者更小;  
Cu:0.1%或者更小;  
N:0.02%或者更小;  
S:0.05%或者更小;  
Al:0.05%或者更小;  
残留/偶然杂质:1.0%或者更小;以及  
Fe:其余成分;

(b) 由经过机械加工的钢形成钢制品,

其中,所述钢制品呈以下形式:

线材、杆材、和棒材中任一种;以及

由线材、杆材、和棒材中任一种制成的钢制品;以及

(c) 以高于150℃且低于750℃的温度和大于10分钟且少于16小时的时间对钢制品进行热处理,以及增大钢制品的塑性和钢制品的屈服应力,并且经过热处理的钢的以延伸率测量的塑性相对于经过机械加工的钢的以延伸率测量的塑性增大超过5%,经过热处理的钢的屈服应力相对于经过机械加工的钢的屈服应力增大超过5%。

10. 如权利要求9所述的方法,其中,热处理步骤(c)还包括:对形成的钢制品进行热处理以及保持或增大钢制品的抗拉强度。

11. 如权利要求9所述的方法,其中,机械加工步骤(a)还包括冷轧、冷拔、或者其他任何适合的机械加工步骤,只要这种包括的机械加工步骤减小进料钢的横截面面积。

12. 如权利要求9所述的方法,其中,机械加工步骤(a)还包括冷轧、冷拔、或者其他任何适合的机械加工步骤,只要这种包括的机械加工步骤改变进料钢的横截面形状。

13. 经过机械加工和热处理的低碳钢、中碳钢或者低合金高强度钢的钢制品,其呈线材、杆材、和棒材中任一种以及由线材、杆材、和棒材中任一种制成的钢制品的形式且通过如权利要求1所述的方法制成。

## 钢制品以及生产该钢制品的方法

[0001] 本申请为第201480020343.2号中国专利申请的分案申请,其中该第201480020343.2号专利申请的申请日为2014年04月13日,发明名称为“钢制品以及生产该钢制品的方法”。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及用于采矿、建筑及通用制造行业中的钢制品。

[0003] 本发明还涉及生产该钢制品的方法。

### 背景技术

[0004] 所述的钢可以是以下任一种:低碳钢、中碳钢和低合金高强度钢(其在钢铁行业中也描述为非调质钢)。

[0005] 在本文中,术语“低碳钢”被理解成意指这样的钢,其包括:wt.%(质量百分比)为3%的C;作为额外添加元素(deliberate additions)添加至该钢的其他元素,如Si和Mn;残留/偶然杂质;以及其余成分(balance)Fe。

[0006] 在本文中,术语“中碳钢”被理解成意指这样的钢,其包括:wt.%为0.3-2.0%的C;作为额外添加元素添加至该钢的其他元素,如Si和Mn;残留/偶然杂质;以及其余成分Fe。

[0007] 术语“残留/偶然杂质”包含可以很小含量存在的元素,如Cu、Sn、Mo、Al、Zn、Ni、和Cr,这些元素的存在并非因对这些元素特定地进行添加,而是因标准的实际制钢过程。例如,这些元素的存在可以是因为使用废钢来生产低合金高强度钢、低碳钢和中碳钢。

[0008] 在本文中,术语“低合金高强度钢”被理解成意指这样的钢,其具有如下以wt.%计的通常成分:

[0009] C:0.07-0.30%;

[0010] Si:0.9%或者更小;

[0011] Mn:2.0%或者更小;

[0012] Mo:0.35%或者更小;

[0013] Ti:0.1%或者更小;

[0014] V:0.1%或者更小;

[0015] Nb:0.1%或者更小;

[0016] Cu:0.28%或者更小;

[0017] N:0.02%或者更小;

[0018] S:0.05%或者更小;

[0019] Al:0.05%或者更小;

[0020] Cr:0.11%或者更小;

[0021] 残留/偶然杂质:1.0%或者更小;以及

[0022] Fe:其余成分。

[0023] 低合金高强度钢语境下的术语“残留/偶然杂质”应如上所述的那样被理解成与低

碳钢和中碳钢相关。上文列表中的元素如Cu和Mo的含量是总体含量,也就是这些元素作为额外添加元素和残留/偶然杂质的总体的含量。

[0024] 所述钢制品可以是任何适合的制品。

[0025] 所述钢制品可以是线材、杆材、棒材、或者带材。

[0026] 所述钢制品可以呈由线材、杆材、棒材、和带材中任一种制成的钢制品形式。

[0027] 所述钢制品可以包括任何制品,包括但不限于:用于混凝土施工的钢筋;用于混凝土施工和采矿行业的钢筋网(reinforcement mesh),其通过将间隔开的平行的直线材和间隔开的平行的交叉线材焊接在一起而制成;由钢带材制成的管;用于将任何长型制品如钢筋联接在一起的联接件;连续螺线材;用于钢筋笼的扎线(ligature),该钢筋笼用于混凝土柱和混凝土梁;由钢棒材制成的紧固件(包括螺钉、螺栓等);由钢棒材制成的锚杆;以及用于混凝土施工、建筑、采矿或者制造行业中受拉或受压或受剪或受弯的其他钢制品。

## 发明内容

[0028] 本发明基于以下重要发现:可以通过对经机械加工(例如,如通过冷轧进行冷成型)的钢进行加热来进行该钢的处理(在下文中称为“热处理”)并且可以:(a)保持或者增大该钢的塑性(例如,该塑性以延伸率测量,并在说明书中关于延伸率时被描述,并且当提到加强钢时以术语Agt(均匀延伸率)称呼,且通常表示为Agt(-0.5%));(b)保持或者增大该钢的屈服应力(YS)(对于加强钢而言,通常表示为保证应力(PS));以及(c)保持或者增大该钢的抗拉强度(TS)。这是个重要发现,因为冶金学教导:对经过机械加工的钢进行热处理,导致该钢的塑性增大、屈服应力减小、以及抗拉强度减小。

[0029] 例如,申请人发现:钢经过机械加工,横截面面积减小5-30%,在一些情况下横截面面积减小达75%;然后,在温度范围为150-750℃以及保持时间为1分钟至16小时的条件下,对该钢进行热处理;在许多情况下,产生的塑性相对于经过机械加工的钢的塑性,增大至少25%,且产生的屈服应力相对于经过机械加工的钢的屈服应力,增大至少5%。

[0030] 总而言之,申请人发现:可以以较高的温度以及较短的时间,或者以较低的温度以及较长的时间,对经过机械加工的钢进行热处理,来保持或者增大塑性、屈服应力、和抗拉强度。

[0031] 应注意的是,本发明并不限于改变进料钢或者钢制品横截面面积的机械加工,而是还可延伸至冷加工改变该进料钢或者钢制品形状的情况。

[0032] 一般地,在不限制本发明范围的情况下,将具体钢的化学组成、工艺路线和特性总结于下表中。

[0033]

钢材 化学组成	工艺路线	冷加工	HT 温度 和时间	YS (PS) ——MPa	延伸率 (Agt) %
HSLA (低合金高 强度)	冷加工 和 HT	少于 20%至 可能达到或 大于 35%	150-750°C 和 5 分钟-16 小时	大于 600MPa	大于 1.5%
低碳	冷加工 和 HT	20-25%至 可能达到或 大于 35%	150-750°C 和 5 分钟-16 小时	大于 500MPa	大于 1.5%
中碳	冷加工	20-75%	150-750°C	750-1000MPa	大于 1.5%

[0034]

	和 HT		和 5 分钟-16 小时		
--	------	--	-----------------	--	--

[0035] 特别注意：上表中所称“HT”意指“热处理”。

[0036] 本发明基于深入的研发工作，其主要对相当数目的低碳钢、中碳钢、和低合金高强度钢试样进行试验。这些试样包括经过不同条件下机械加工且以不同温度和不同时间热处理的试样。将在说明书的后续部分中对所述的研发工作进行更详细的讨论。

[0037] 本发明提供了一种生产钢制品的方法，该方法包括对经过机械加工的钢制品进行热处理，以及保持或者增大钢的塑性和保持或者增大钢的屈服应力。

[0038] 本发明还提供了一种生产钢制品的方法，该方法包括对经过机械加工的钢制品进行热处理，以及保持或者增大钢的塑性、保持或者增大钢的屈服应力、和保持或者增大钢的抗拉强度。

[0039] 本发明还包括一种经过机械加工以及热处理的钢制品。该钢制品可以是上述钢制品中的任一种，即线材、杆材、棒材、或者带材，并且该钢制品可以是由线材、杆材、棒材、和带材中任一种制成的且包括上述具体制品的任何钢制品。

[0040] 通过本发明，可以使用同一原材料，如低合金高强度钢、低碳钢、和中碳钢，并且通过适当选择机械加工、热处理时间和热处理温度，可以产生所需的各种机械特性。

[0041] 就此，本发明还提供了一种生产钢制品的方法，其包括：为钢制品选择作为原材料的进料钢；选择进料钢或者由进料钢制成的钢制品的机械加工、热处理时间和热处理温度条件，从而为钢制品提供所需的机械特性；执行机械加工和热处理步骤，以及保持或者增大钢的塑性和保持或者增大钢的屈服应力；以及生产出具有所需机械特性的钢制品。

[0042] 通过本发明，可以使用少量或者大量现成钢材来制造：

[0043] (a) 具有高强度（例如，屈服应力 $>750\text{MPa}$ ）以及高塑性（例如，均匀延伸率 $\text{Agt}>1.5\%$ ）的棒材、杆材、线材或者网；以及

[0044] (b) 具有中强度（例如，屈服应力 $>500\text{MPa}$ ）以及高塑性（例如，均匀延伸率 $\text{Agt}>1.5\%$ ）的棒材、杆材、线材或者网。



[0045] 例如,在受拉时性能相同的情况下,相比通常500MPa屈服应力的加强钢,根据本发明的750MPa屈服应力类型(a)的钢可带来33%的材料节约。因此,在同一性能的情况下,加强钢的直径比如可从12mm减小至约9.8mm。或者,采用直径为12mm且屈服应力为750MPa的棒材可使性能提高50%,因而例如在相同钢用量的情况下,可以获得性能更佳的混凝土柱或者混凝土梁。在相同性能并获益相应职业健康与安全(也就是处理的制品更轻)的情况下,由具有相同特性的材料制成且应用于采矿的网可带来至少30%的材料节约。还能够增大塑性也是一种可能益处,尽管并不极为重要。

[0046] 此外,例如,在混凝土施工行业中,能够制造 $Agt > 5\%$ 的500MPa的网,使得例如悬垂楼板这种要求力矩再分配的应用场合所要求的钢用量减少约20%。现在澳大利亚的钢固定是以每吨计价(\$/tonne)费率进行收费的,因此通过减少待固定钢的用量,可以显著地降低加强的安装成本。对于高强度棒材或者线材的加强,同样也存在这种成本降低作用。

[0047] 此外,例如,通过采用以这种方式制造的高抗拉强度(屈服应力为650MPa或者更大)韧性网,可以使例如对地面上的混凝土板或者提拔(tilt-up)混凝土制品进行加强所需的钢用量减少大约20-25%。

[0048] 上述这些高抗拉强度或者中抗拉强度的制品每一种都具有这样的附加优点:可以显著地降低制品中的隐含能(温室气体),并且可能减少柱和梁的混凝土使用,且伴随着降低运输以及其他的材料处理成本。

[0049] 延伸率是塑性的测量。在本文中,延伸率表示为均匀延伸率—— $Agt$ 。术语“均匀延伸率”在本文中应理解为对钢在达到其最大抗拉强度之前进行弹性和塑性变形的能力的测量。在说明书中记载的延伸率的数值量是,钢在达到其最大抗拉强度然后回落到该最大抗拉强度的99.5%之后,所测量的以百分比计的钢延伸率,表示为 $Agt (-0.5\%)$ 。使用该方法,可确保测量的可靠性。总体延伸率也用作钢制品的塑性的测量,尤其是钢板的塑性的测量。

[0050] 相对于经过机械加工的钢的延伸率,经过热处理的钢的延伸率可增大超过5%。

[0051] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过10%。

[0052] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过15%。

[0053] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过20%。

[0054] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过30%。

[0055] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过50%。

[0056] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过100%。

[0057] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过150%。

[0058] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过200%。

[0059] 相对于经过机械加工的钢的屈服应力,经过热处理的钢的屈服应力可增大超过5%。

[0060] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过10%。

[0061] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过15%。

[0062] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过20%。

[0063] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过30%。

[0064] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过40%。

[0065] 可以以任何适合的温度执行热处理步骤。存在很多因素,都可能对任何给定情况

下热处理温度的选择产生影响。一个因素是热处理时间。申请人还发现每种热处理温度都具有时间窗口,在该时间窗口中,屈服应力和塑性增大到高于期望最小值的水平。该窗口随着热处理温度增大而收窄。另一因素是钢材成分。又一因素是目标特性,如塑性和屈服应力。

[0066] 可以以低于钢的奥氏体化温度的温度执行热处理步骤。应注意,在任何给定情况下,钢在热处理过程中的实际温度将会是时间-温度依赖关系并且取决于钢材成分。因此,热处理炉的温度可以高于钢的奥氏体化温度。

[0067] 可以以低于1000℃的温度执行热处理步骤。

[0068] 可以以低于800℃的温度执行热处理步骤。

[0069] 可以以低于750℃的温度执行热处理步骤。

[0070] 可以以低于700℃的温度执行热处理步骤。

[0071] 可以以低于600℃的温度执行热处理步骤。

[0072] 可以以低于550℃的温度执行热处理步骤。

[0073] 可以以低于500℃的温度执行热处理步骤。

[0074] 可以以低于450℃的温度执行热处理步骤。

[0075] 可以以低于400℃的温度执行热处理步骤。

[0076] 可以以低于300℃的温度执行热处理步骤。

[0077] 可以以低于250℃的温度执行热处理步骤。

[0078] 可以以低于200℃的温度执行热处理步骤。

[0079] 可以以低于150℃的温度执行热处理步骤。

[0080] 如果将热处理时间选择为足够短从而相对于屈服应力、抗拉强度和塑性的初始数值保持或者增大屈服应力和保持或者增大塑性,那么可以以高于钢的奥氏体化温度的温度执行热处理步骤。

[0081] 可以执行热处理步骤任何合适的时间。存在很多因素,都可能对热处理时间的选择产生影响。如以上有关于热处理温度所讨论的那样,这些因素包括热处理温度、钢材成分、目标特性和生产率。

[0082] 可以执行热处理步骤少于16小时。

[0083] 可以执行热处理步骤少于10小时。

[0084] 可以执行热处理步骤少于6小时。

[0085] 可以执行热处理步骤少于5小时。

[0086] 可以执行热处理步骤少于4小时。

[0087] 可以执行热处理步骤大于1小时。

[0088] 可以执行热处理步骤大于45分钟。

[0089] 可以执行热处理步骤大于30分钟。

[0090] 可以执行热处理步骤大于10分钟。

[0091] 可以执行热处理步骤大于5分钟。

[0092] 可以执行热处理步骤大于1分钟。

[0093] 可以执行热处理步骤大于30秒。

[0094] 可以在任何适合的气氛下执行热处理步骤。气氛可以是氧化性气氛或者还原性气

氛。举个具体例子,可以在空气中执行热处理步骤。

[0095] 可以在没有保护性气氛的情况下执行热处理步骤。这是本发明的重要优势。

[0096] 可以通过使用任何适合的手段执行热处理步骤。具体地,可以使用任何适合的热能执行热处理。

[0097] 经过机械加工的钢制品可以是任何适合形式的制品。经过机械加工的钢制品可以呈线材、杆材、棒材、或者带材任一种的形式。

[0098] 钢制品可以呈线材、杆材、棒材、或者带材任一种的形式。

[0099] 杆材制品和棒材制品可以是具有从小到大各种长度直径比的制品。换言之,杆材制品和棒材制品可以是直径接近长度的到直径或者横截面面积明显小于长度的各种制品。

[0100] 钢制品可以呈由线材、杆材、棒材、和带材中任一种制成的钢制品的形式。以上非排他性地列出了各种钢制品。申请人感兴趣的一种具体钢制品是用于混凝土施工和采矿行业的钢筋网,其通过将间隔开的平行的直线材和间隔开的平行的交叉线材焊接在一起而制成。申请人感兴趣的另一种具体钢制品是各种钢筋,如直线型钢筋并形成扎线或者连续螺线材或者其他常见形状(注意,存在很多这类形状)。本发明以及通过本发明实现的特性并不受限于钢制品的形状。

[0101] 经过机械加工的钢制品可以是冷轧的、冷拔的、或者其他任何适合的经过机械加工的制品,只要这种机械加工导致制品的横截面形状发生变化、并不是必须改变横截面面积,从而存在致使形状改变所需的能量输入。例如,形状改变可以是圆形横截面到椭圆形横截面,而该椭圆形横截面的面积与圆形横截面的相同。

[0102] 经过机械加工的钢制品可以是冷轧的、冷拔的、或者其他任何适合的经过机械加工的制品,这种制品在经过机械加工之后的横截面面积发生了减小。

[0103] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少2%。

[0104] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少5%。

[0105] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少10%。

[0106] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少15%。

[0107] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少20%。

[0108] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少40%。

[0109] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少50%。

[0110] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少60%。

[0111] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面

面面积小至少70%。

[0112] 所述生产钢制品的方法可包括将经过热处理的制品从热处理温度并以任何适合的冷却速率进行冷却。例如,可以将经过热处理的制品通过水冷却进行淬火。此外,例如,可以将经过热处理的制品在环境空气中进行冷却。申请人发现,大体上,冷却速率并不显著影响具体为塑性、屈服应力和抗拉强度的特性。但是,申请人发现,在一些情况下,对经过热处理的制品进行淬火可能显著影响上述特性,这些情况诸如保持在至少为750℃的热处理温度特定时间之后进行淬火。在一个示例中,保持在750℃大约8分钟之后,抗拉强度突然增大,屈服应力和 $A_{gt}$ 减小。这是以比奥氏体化温度高的温度热处理的钢的通常反应。在该示例中,存在长达8分钟的热处理窗口,在该窗口的后续淬火不影响特性。

[0113] 如上所述,钢可以是低碳钢。

[0114] 如上所述,钢可以是中碳钢。

[0115] 如上所述,钢可以是低合金高强度钢。

[0116] 低合金高强度钢可以包含wt.%大于0.040%的V。

[0117] 低合金高强度钢可以包含wt.%大于0.050%的V。

[0118] 低合金高强度钢可以包含wt.%大于0.060%的V。

[0119] 低合金高强度钢可以包含wt.%大于0.005%的N。

[0120] 低合金高强度钢可以包含wt.%大于0.015%的N。

[0121] 低合金高强度钢可以包含wt.%大于0.018%的N。

[0122] 低合金高强度钢可以包含其他合金元素,如Nb。

[0123] 本发明提供了一种生产钢制品的方法,其包括:

[0124] (a) 对进料钢进行机械加工;

[0125] (b) 对经过机械加工的进料钢进行热处理,以及保持或者增大钢的塑性和保持或者增大钢的屈服应力;以及

[0126] (c) 形成钢制品。

[0127] 该生产钢制品的方法可以包括多次序的步骤(a)、(b)和(c)。

[0128] 本发明提供了一种生产钢制品的方法,其包括:

[0129] (a) 对钢制品进行机械加工;以及

[0130] (b) 对经过机械加工的钢制品进行热处理,以及保持或者增大钢的塑性和保持或者增大钢的屈服应力。

[0131] 该生产钢制品的方法可以包括多次序的步骤(a)和(b)。

[0132] 本发明提供了一种生产钢制品的方法,其包括:

[0133] (a) 对进料钢进行机械加工;

[0134] (b) 形成钢制品;以及

[0135] (c) 对钢制品进行热处理,以及保持或者增大该钢制品的塑性和保持或者增大该钢制品的屈服应力。

[0136] 该生产钢制品的方法可以包括多次序的步骤(a)、(b)和(c)。

[0137] 本发明提供了一种生产钢制品的方法,其包括:

[0138] (a) 对进料钢进行机械加工;

[0139] (b) 形成钢制品;以及

- [0140] (c) 对所形成的钢制品进行热处理, 以及保持或者增大钢制品的塑性、保持或者增大钢制品的屈服应力、和保持或者增大钢制品的抗拉强度。
- [0141] 该生产钢制品的方法可以包括多次序的步骤 (a)、(b) 和 (c)。
- [0142] 相对于经过机械加工的进料钢的延伸率, 经过热处理的钢的延伸率可增大超过 5%。
- [0143] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过 10%。
- [0144] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过 20%。
- [0145] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过 30%。
- [0146] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过 50%。
- [0147] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过 100%。
- [0148] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过 150%。
- [0149] 经过热处理的钢的延伸率可增大超过 200%。
- [0150] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过 10%。
- [0151] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过 20%。
- [0152] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过 30%。
- [0153] 经过热处理的钢的屈服应力可增大超过 40%。
- [0154] 生产钢制品的方法还可以包括将钢制品形成为另一钢制品。
- [0155] 进料钢可以是低碳钢、中碳钢、和低合金高强度钢中任一种。
- [0156] 进料钢可以呈任何适合的形式。进料钢可以呈线材、杆材、棒材或者带材任一种的形式。
- [0157] 应注意, 机械加工步骤可以包括减小线材、杆材和棒材的横截面面积, 即减小线材、杆材和棒材的直径。
- [0158] 还应注意, 机械加工步骤可以包括减小带材的横截面面积, 即减小带材的厚度。
- [0159] 还应注意, 机械加工步骤可以导致制品的横截面形状发生变化, 而不必然改变横截面面积, 从而发生过致使形状改变所需的能量输入。
- [0160] 钢制品可以是任何适合形式的制品。
- [0161] 钢制品可以呈由线材、杆材、棒材和带材中任一种制成的钢制品的形式。
- [0162] 机械加工步骤 (a) 可以包括冷轧、冷拔、或者其他任何适合的机械加工步骤, 这种包括机械加工步骤减小进料钢的横截面面积。
- [0163] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少 2%。
- [0164] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少 5%。
- [0165] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少 10%。
- [0166] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少 15%。
- [0167] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少 20%。

[0168] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少40%。

[0169] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少50%。

[0170] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少60%。

[0171] 经过机械加工的钢制品的减小的横截面面积可以比机械加工之前的钢制品横截面面积小至少70%。

[0172] 可以以低于钢的奥氏体化温度的温度执行热处理步骤。

[0173] 可以以低于1000℃的温度执行热处理步骤。

[0174] 可以以低于800℃的温度执行热处理步骤。

[0175] 可以以低于750℃的温度执行热处理步骤。

[0176] 可以以低于700℃的温度执行热处理步骤。

[0177] 可以以低于600℃的温度执行热处理步骤。

[0178] 可以以低于550℃的温度执行热处理步骤。

[0179] 可以以低于500℃的温度执行热处理步骤。

[0180] 可以以低于450℃的温度执行热处理步骤。

[0181] 可以以低于400℃的温度执行热处理步骤。

[0182] 可以以低于300℃的温度执行热处理步骤。

[0183] 可以以低于250℃的温度执行热处理步骤。

[0184] 可以以低于200℃的温度执行热处理步骤。

[0185] 可以以低于150℃的温度执行热处理步骤。

[0186] 可以执行热处理步骤少于16小时。

[0187] 可以执行热处理步骤少于10小时。

[0188] 可以执行热处理步骤少于6小时。

[0189] 可以执行热处理步骤少于5小时。

[0190] 可以执行热处理步骤少于4小时。

[0191] 可以执行热处理步骤大于1小时。

[0192] 可以执行热处理步骤大于45分钟。

[0193] 可以执行热处理步骤大于30分钟。

[0194] 可以执行热处理步骤大于10分钟。

[0195] 可以执行热处理步骤大于5分钟。

[0196] 可以执行热处理步骤大于1分钟。

[0197] 可以执行热处理步骤大于30秒。

[0198] 可以在任何适合的气氛下执行热处理步骤(b)。

[0199] 本发明还提供了一种通过如上所述方法制成的钢制品。

[0200] 钢制品可以具有至少为500MPa的屈服应力以及至少为1.5%的均匀延伸率Agt。

[0201] 本发明还提供了一种经过机械加工和热处理的低合金高强度钢制品,其具有如上所述的钢材成分、延伸率和屈服应力。

[0202] 该钢制品可以具有如上所述的抗拉强度。

[0203] 本发明还提供了一种经过机械加工和热处理的低碳钢制品,其具有如上所述的钢材成分、延伸率和屈服应力。

[0204] 该钢制品可以具有如上所述的抗拉强度。

[0205] 本发明还提供了一种经过机械加工和热处理的中碳钢制品,其具有如上所述的钢材成分、延伸率和屈服应力。

[0206] 该钢制品可以具有如上所述的抗拉强度。

[0207] 钢制品可以呈由如上所述的线材、杆材、棒材和带材中任一种制成的钢制品的形式。

[0208] 举个具体例子,钢制品是网制品,其包括平行的直线材和平行的交叉线材,直线材和交叉线材在线材相交处焊接在一起,且线材为钢线材,线材直径至少为3mm,线材在焊接在一起以形成网之前已经过机械加工和热处理,从而线材具有至少为650MPa的屈服应力以及至少为1.5%的均匀延伸率 $A_{gt}$ 。

[0209] 再举一个具体例子,钢制品是网制品,其包括平行的直线材和平行的交叉线材,直线材和交叉线材在线材相交处焊接在一起,线材直径至少为3mm,线材为钢线材,线材在焊接在一起以形成网之前已经过机械加工,网经过热处理,从而线材具有至少为650MPa的屈服应力以及至少为1.5%的均匀延伸率 $A_{gt}$ 。

[0210] 举个具体例子,钢制品为由钢线材形成的扎线,该线材的直径至少为3mm,线材在形成为扎线之前已经过机械加工和热处理,从而线材具有至少为650MPa的屈服应力以及至少为1.5%的均匀延伸率 $A_{gt}$ 。

[0211] 举个具体例子,钢制品为由钢线材形成的扎线,该线材的直径至少为3mm,线材在形成为扎线之前已经过机械加工,扎线经过热处理,从而线材具有至少为650MPa的屈服应力以及至少为1.5%的均匀延伸率 $A_{gt}$ 。

## 附图说明

[0212] 参照附图的图1-图33,进一步对本发明进行描述,这些附图是根据本发明进行处理的低碳钢、中碳钢和低合金高强度钢试样的以下的不同组合的曲线图:屈服应力(保证应力——MPa)、抗拉强度(MPa)、延伸率(以均匀延伸率—— $A_{gt}$ 测量)、和热处理时间。

[0213] 图1是根据本发明的HSLA试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图;

[0214] 图2是根据本发明的HSLA试样的屈服应力随热处理时间变化的曲线图;

[0215] 图3是根据本发明的试样的抗拉强度随热处理时间变化的曲线图;

[0216] 图4包括根据本发明的直径为9.5mm的HSLA线材试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图;

[0217] 图5包括图4的试样的屈服应力随热处理时间变化的曲线图;

[0218] 图6包括图4的试样的抗拉强度随热处理时间变化的曲线图;

[0219] 图7是根据本发明的HSLA试样的延伸率随热处理温度变化的曲线图;

[0220] 图8是根据本发明的HSLA试样的屈服应力随热处理温度变化的曲线图;

[0221] 图9是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度随热处理温度变化的曲线图;

[0222] 图10是HSLA试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图;

- [0223] 图11是根据本发明的HSLA试样的屈服应力随热处理时间变化的曲线图；
- [0224] 图12是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度随热处理时间变化的曲线图；
- [0225] 图13是根据本发明的HSLA试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0226] 图14是根据本发明的HSLA试样的屈服应力随热处理时间变化的曲线图；
- [0227] 图15是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度随热处理时间变化的曲线图；
- [0228] 图16是根据本发明的HSLA试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0229] 图17是根据本发明的HSLA试样的屈服应力随热处理时间变化的曲线图；
- [0230] 图18是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度随热处理时间变化的曲线图；
- [0231] 图19是根据本发明的HSLA试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0232] 图20是根据本发明的HSLA试样的屈服应力随热处理时间变化的曲线图；
- [0233] 图21是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度随热处理时间变化的曲线图；
- [0234] 图22是根据本发明的直径为6.75mm的HSLA线材试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0235] 图23是根据本发明的直径为6.75mm的HSLA线材试样的屈服应力和抗拉强度随热处理时间变化的曲线图；
- [0236] 图24是根据本发明的直径为6.75mm的HSLA线材试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0237] 图25是根据本发明的直径为6.75mm的HSLA线材试样的屈服应力和抗拉强度随热处理时间变化的曲线图；
- [0238] 图26是根据本发明的试样的延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0239] 图27是根据本发明的试样的屈服应力随热处理时间变化的曲线图；
- [0240] 图28是根据本发明的试样的抗拉强度随热处理时间变化的曲线图；
- [0241] 图29是根据本发明的试样的屈服应力、抗拉强度、和延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0242] 图30是根据本发明的试样的屈服应力、抗拉强度、和延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0243] 图31是根据本发明的试样的屈服应力、抗拉强度、和延伸率随热处理时间变化的曲线图；
- [0244] 图32是根据本发明的试样的屈服应力、抗拉强度、和延伸率随热处理时间变化的曲线图；以及
- [0245] 图33是根据本发明的试样的屈服应力、抗拉强度、和延伸率随热处理时间变化的曲线图。

### 具体实施方式

[0246] 本发明基于深入的研发工作，其主要对相当数目的低碳钢、中碳钢、和低合金高强度钢试样进行试验。这些试样包括经过不同条件下机械加工且以不同温度 and 不同时间热处理的试样。该研发工作的重要发现是，对于在试样的后续热处理中维持或者获得延伸率的改善、以及也在试样的后续的热处理中获得屈服应力及抗拉强度的改善和维持屈服应力及抗拉强度而言，钢试样的机械加工是至关重要的。



[0247] 上述研发工作在钢线材上进行,该钢线材适用于制造钢筋网以及用于采矿和建筑行业的其他加强制品。钢线材由低碳钢、中碳钢、和低合金高强度钢制成。钢线材通过将直径较大的钢杆材或者钢线材轧制成直径较小的而制成。

[0248] 以下对有关于低碳钢、中碳钢、和低合金高强度钢所进行的研发工作进行总结。

[0249] • 钢材成分——低合金高强度钢、低碳钢和中碳钢。钢材成分的示例列示如下。

[0250] 低合金高强度钢

[0251]

C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Al	Nb	Ti	CE
0.17	1.10	0.2	0.013	0.040	0.28	0.07	0.11	0.01	0.102	0.002	0.001	0.001	0.42
0.18	1.06	0.25	0.014	0.046	0.28	0.07	0.10	0.01	0.093	0.002	0.001	0.001	0.42

[0252] 低碳钢

[0253]

C	P	Mn	Si	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al-T	B
0.06	0.006	0.50	0.15	0.009	0.006	0.12	0.001	0.014	0.002	0.0003
0.18	0.010	0.71	0.20	0.012	0.005		0.001	0.008	0.001	0.0003

[0254] 中碳钢

[0255]

C	P	Mn	Si	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al-T	B
0.31	0.018	0.70	0.24	0.012	0.002	0.010	0.001	0.004	0.001	0.0003

[0256] • 原始杆材制品——在线材轧机中,通过通常的AS1442或者类似的轧制过程,生产各种不同直径的杆材试样——然后,将这些杆材试样冷轧成直径较小的线材以形成试验试样。试样包括(a)直径为10mm的杆材轧制成9.5mm的线材;(b)直径为8mm的杆材轧制成7.7mm、7.6mm、7.5mm和6.75mm的线材;(c)10.5mm的杆材轧制成9.5mm;(d)8.5mm的杆材轧制成6.75mm;(e)直径为12mm的杆材轧制成10.7mm的线材;(f)直径为8.5mm的杆材轧制成7.6mm的线材;(g)直径为5.5mm的杆材轧制成4.75mm的线材,接着进行矫直;(h)直径为5.5mm的杆材轧制成4.75mm的线材,然后通过直径比用于第(h)项试样的矫直辊的直径小的矫直辊进行矫直;以及(i)直径为5.5mm的杆材轧制成3.06mm的线材。

[0257] • 热处理炉——风扇强制通风炉和电阻加热炉。

[0258] • 热处理温度——参见附图。

[0259] • 热处理时间——参见附图。

[0260] • 将试样在空气中进行冷却,以及将试样在水中进行淬火,其中图1-图21和图26-图33中表达在空气中进行冷却的试验数据,图22-25中表达在水中进行淬火的数据。

[0261] • 试样的尺寸——长度大约为300mm。

[0262] • 试验过程——在Instron机上进行抗拉试验,并通过伸长计来确定延伸率。附图中的结果包括保证应力(PS)曲线图,其中屈服应力表达为保证应力,延伸率表达为均匀延伸率( $A_{gt}(-0.5\%)$ ),以及抗拉强度(TS)。

[0263] 在说明书附图的图1-图33中部分地总结了研究工作的结果,下面将对此进行描述和讨论。应注意,图1-图25侧重于在低合金高强度钢(“HSLA”)试样上进行的工作,图26-图32侧重于低碳钢试样,而图33则侧重于中碳钢试样。

[0264] 图1是根据本发明的HSLA试样的延伸率( $A_{gt}$ )随热处理时间(0-30分钟)变化的曲

线图,其中这些HSLA试样分别以300℃、400℃、500℃、600℃、和700℃进行热处理,且试样包括直径为9.5mm的线材试样,其由直径为10mm的杆材冷轧而成。从图1中可见,在每一热处理温度,试样的塑性随热处理时间而增大,且塑性增大的速率随热处理温度而增大。

[0265] 图2是根据本发明的HSLA试样的屈服应力(保证强度——MPa)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA试样分别以300℃、400℃、500℃、600℃、和700℃进行热处理,且试样包括直径为9.5mm的线材试样,其由直径为10mm的杆材冷轧而成。从图2中可见,在每一热处理温度,对应于短的热处理时间,冷拔试样的屈服应力增大。以较高温度(例如,500℃、600℃、和700℃)进行热处理的试样的屈服应力随着热处理时间的增加而减小。然而,对于以较低温度(例如,300℃和400℃)进行热处理的试样而言,屈服应力不随热处理时间而减小。在整个热处理温度范围内,以相对较短的热处理时间实现屈服应力增大。这在加工时间和成本方面可能是非常重要的。

[0266] 图3是根据本发明的试样的抗拉强度(MPa)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些试样分别以300℃、400℃、500℃、600℃、和700℃进行热处理,且试样包括直径为9.5mm的HSLA线材试样,其由直径为10mm的杆材通过冷轧进行机械加工而成。该冷轧使得横截面面积减小9.75%。从图3中可见,在每一热处理温度,对应于短的热处理时间(少于4分钟),冷拔试样的抗拉强度增大。以较高温度(例如,500℃、600℃、和700℃)进行热处理的试样的抗拉强度随着热处理时间的增加而减小。然而,对于以较低温度(例如,300℃和400℃)进行热处理的试样而言,抗拉强度不随热处理时间而减小。此外,在整个热处理温度范围内,以相对较短的热处理时间实现抗拉强度增大。这在加工时间和成本方面可能是非常重要的。

[0267] 图4包括根据本发明的直径为9.5mm的HSLA线材试样的延伸率(以均匀延伸率 $A_{gt}$ 测量)随热处理时间(0-5小时)变化的曲线图,其中这些HSLA线材试样由直径为10mm的杆材冷轧而成并且以300℃进行热处理。该冷轧使得横截面面积减小9.75%。在附图中该曲线图被描述为“N10PLUS”曲线。图4还包括直径为6.75mm的低碳钢线材试样的对比数据,该低碳钢线材试样由直径为8.5mm的杆材冷轧而成并且以同样的方式进行热处理。该冷轧使得横截面面积减小37%。在图4中该曲线图被描述为“6.75EX8.5”曲线。图4示出了塑性增大,可以认为这是由任一种钢试样所进行的热处理所致。

[0268] 图5包括图4的试样(HSLA和低碳钢)的屈服应力(表达为保证应力——MPa)随热处理时间(0-5小时)变化的曲线图,其中这些试样以300℃进行热处理。

[0269] 图6包括图4的试样(HSLA和低碳钢)的抗拉强度(MPa)随热处理时间(0-5小时)变化的曲线图,其中这些试样以300℃进行热处理。

[0270] 从图4-图6中可见,N10PLUS HSLA试样的塑性、屈服应力、和抗拉强度均有增大,而6.75EX8.5低碳钢试样则出现了通常反应,其塑性增大且屈服应力和抗拉强度减小。对于N10PLUS试样而言,有趣的是,这样的结果是以300℃这样的低热处理温度获得的。

[0271] 图4、图5和图6包括虚线部分。在这些附图中表达的试验工作是很早期的工作,申请人选择1.15、2和4小时的热处理时间是因为传统智慧表明,至少需要1.2小时才能使低碳钢产生正常的反应,即,塑性增大以及屈服应力和抗拉强度减小——正常的恢复性热处理反应。当申请人对N10PLUS试样进行处理并意识到存在强度增大时,申请人就对该材料的更短热处理时间进行了研究。这样促使申请人关注了6.75mm材料的更短热处理时间并接着关

注了所有其他材料, 申请人发现低碳钢的增大的时间更短。图26、图27和图28示出塑性、屈服应力和抗拉强度的增大。这是冷轧至6.75mm的不同材料, 因而具有不同的初始强度。图29-图32有关于以500℃短时间处理低碳钢, 其中示出短热处理时间情况下塑性、屈服应力和抗拉强度同样都增大。

[0272] 图7是根据本发明的HSLA试样的延伸率 (Agt) 随热处理温度 (0-500℃) 变化的曲线图, 其中这些HSLA试样进行热处理4小时, 且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样, 其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以不同程度进行冷轧, 且横截面面积最高减小约12%。从图7中可见, 热处理温度高于200℃的冷拔试样的塑性增大, 且塑性随热处理温度增大而增大。

[0273] 图8是根据本发明的HSLA试样的屈服应力 (保证应力MPa) 随热处理温度 (0-500℃) 变化的曲线图, 其中这些HSLA试样进行热处理4小时, 且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样, 其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以不同程度进行冷轧, 且横截面面积最高减小约12%。从图8中可见, 每个冷拔试样的屈服应力初始阶段增大, 然后随着热处理温度增大而减小。具有较高冷轧压下率 (cold reduction) 的试样的屈服应力更高。图8中曲线图的形状表明存在热处理温度的窗口, 即在150-400℃范围内存在窗口, 在该窗口中试样的屈服应力显著增大。在整个热处理温度范围内, 试样的屈服应力高于这些试样在热处理之前的屈服应力。

[0274] 图9是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度 (MPa) 随热处理温度变化的曲线图, 其中这些HSLA试样进行热处理4小时, 且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样, 其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以不同程度进行冷轧, 且横截面面积最高减小约12%。从图9中可见, 每个冷轧试样的抗拉强度初始阶段增大, 然后随着热处理温度增大而减小。具有较高冷轧压下率 (cold reduction) 的试样的抗拉强度更高。图9中曲线图的形状表明存在热处理温度的窗口, 即在150-350℃范围内存在窗口, 在该窗口中试样的抗拉强度显著增大。

[0275] 图10是HSLA试样的延伸率 (Agt) 随热处理时间 (0-7小时) 变化的曲线图, 其中这些HSLA试样以100℃进行热处理, 且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样, 其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以不同程度进行冷轧, 且横截面面积最高减小约12%。从图10中可见, 在整个热处理时间范围内, 冷拔试样的塑性总体上略微减小。这种减小与应变时效机制是一致的。基本上, 塑性变化是常规的, 且教导100℃热处理温度过低。具有较低冷轧压下率的试样的塑性较高。

[0276] 图11是根据本发明的HSLA试样的屈服应力 (保证强度——MPa) 随热处理时间 (0-7小时) 变化的曲线图, 其中这些HSLA试样以100℃进行热处理, 且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样, 其由直径为8mm的杆材冷拔而成。这些试样以不同程度进行冷拔, 且横截面面积最高减小约12%。从图11中可见, 在整个热处理时间范围内, 冷拔试样的屈服应力增大 (尽管并不明显)。具有较高冷轧压下率的试样的屈服应力较高。

[0277] 图12是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度 (MPa) 随热处理时间 (0-7小时) 变化的曲线图, 其中这些HSLA试样以100℃进行热处理, 且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样, 其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以不同程度进行冷轧, 且横截面面积最高减小约12%。从图12中可见, 在整个热处理时间范围内, 冷拔试样的抗拉强度略微变

化。具有较高冷轧压下率的试样的抗拉强度较高。

[0278] 图13是根据本发明的HSLA试样的延伸率(Agt)随热处理时间(0-16小时)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以300℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。从图13中可见,对于每个试样而言,当塑性在最初突然减小(这与正常的时效是一致的)之后,在300℃且在相对较短的热处理时间(长达30分钟)内,塑性在初始阶段显著增大,并且在以该温度进行热处理约3个小时之后,塑性趋于稳定。具有较低冷轧压下率的试样的延伸率较高。

[0279] 图14是根据本发明的HSLA试样的屈服应力(保证强度——MPa)随热处理时间(0-16小时)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以300℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。从图14中可见,对于每个试样而言,在300℃且在相对较短的热处理时间(0-45分钟)内,屈服应力在初始阶段显著增大,并且在以该温度进行热处理约45分钟之后,屈服应力趋于稳定。具有较高冷轧压下率的试样的屈服应力较高。在整个热处理温度范围内,试样的屈服应力高于这些试样在热处理之前的屈服应力。

[0280] 图15是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度(MPa)随热处理时间(0-16小时)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以300℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。从图15中可见,对于每个试样而言,在300℃且在相对较短的热处理时间(0-45分钟)内,抗拉强度在初始阶段显著增大,并且在以该温度进行热处理约45分钟之后,抗拉强度趋于稳定。具有较高冷轧压下率的试样的抗拉强度较高。在整个热处理温度范围内,试样的抗拉强度高于这些试样在热处理之前的抗拉强度。

[0281] 图16是根据本发明的HSLA试样的延伸率(Agt)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以300℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。这些试样以与图13的试样相同的条件进行冷轧和热处理。试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。该曲线图主要示出在图13的讨论中强调的初始30分钟热处理时间。从图16中可见,对于每个试样而言,在300℃,当塑性最初减小(这与正常的时效是一致的)之后,塑性随热处理时间稳步增大,且具有较低冷轧压下率的试样的塑性较高。

[0282] 图17是根据本发明的HSLA试样的屈服应力(保证强度——MPa)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以300℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。这些试样以与图14的试样相同的条件进行冷轧和热处理。该曲线图主要示出在图14的讨论中强调的初始30分钟热处理时间。从图17中可见,对于每个试样而言,在300℃,大体上屈服应力随热处理时间稳步增大。具有较高冷轧压下率的试样的屈服应力较高。屈服应力的增大远高于可期待从正常应变时效产生的。正常应变时效是不利的,因为其导致塑性下降。

[0283] 图18是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度(MPa)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以300℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm

的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。这些试样以与图15的试样相同的条件进行冷轧和热处理。该曲线图主要示出在图15的讨论中强调的初始30分钟热处理时间。从图18中可见,对于每个试样而言,在300℃,抗拉强度随热处理时间稳步增大。具有较高冷轧压下率的试样的抗拉强度较高。

[0284] 图19是根据本发明的HSLA试样的延伸率(Agt)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以500℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。从图19中可见,对于每个试样而言,在500℃,当塑性在初始阶段减小(这与正常的时效是一致的)之后,塑性随热处理时间稳步增大,且具有较低冷轧压下率的试样的塑性较高。

[0285] 图20是根据本发明的HSLA试样的屈服应力(保证强度——MPa)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以500℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。从图20中可见,对于每个试样而言,在500℃的热处理温度,屈服应力在初始阶段增大,且每个试样的屈服应力在10分钟之后达到最大屈服应力。每个试样的屈服应力在超过10分钟之后随热处理时间减小。具有较高冷轧压下率的试样的屈服应力较高。在整个热处理温度范围内,试样的屈服应力高于这些试样在热处理之前的屈服应力。

[0286] 图21是根据本发明的HSLA试样的抗拉强度(MPa)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA试样以500℃进行热处理,且试样包括直径为7.5mm、7.6mm、和7.7mm的线材试样,其由直径为8mm的杆材冷轧而成。试样以不同程度进行冷轧,且横截面面积最高减小约12%。从图21中可见,对于每个试样而言,在500℃的热处理温度,抗拉强度在初始阶段增大,且每个试样的抗拉强度在10分钟之后达到最大抗拉强度,并且每个试样的抗拉强度在超过10分钟之后随热处理时间减小。具有较高冷轧压下率的试样的抗拉强度较高。

[0287] 图22是根据本发明的直径为6.75mm的HSLA线材试样的延伸率(Agt)随热处理时间(0-20分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA线材试样由直径为8mm的杆材冷轧而成,并且以750℃进行热处理超过长达20分钟的时间,然后在水中进行淬火。该冷轧使得横截面面积减小29%。从图22中可见,在750℃,当塑性最初减小(这与正常的应变时效是一致的)之后,塑性随热处理时间稳步增大,直到7分钟处,之后塑性突然减小,再突然增大,然后在约10-12分钟处稳定。从图22中可见,在2分钟与7分钟之间的热处理时间内,将试样在水中进行淬火热处理不会对塑性产生不利影响。通过将图22中的结果与图19中由直径为8mm的杆材冷轧而成并以500℃进行热处理的7.5mm、7.6mm、和7.7mm材料的结果进行对比,可以看到图22的6.75mm材料的塑性比图19的7.5mm、7.6mm、和7.7mm材料的高。该发现与图19中所示的7.5mm、7.6mm、和7.7mm材料的情况相反,根据图19所示,塑性随冷轧压下率增大而减小。这有可能是因为6.75mm材料的热处理温度较高产生较大的塑性。

[0288] 图23是根据本发明的直径为6.75mm的HSLA线材试样的屈服应力(保证强度——MPa)和抗拉强度(MPa)随热处理时间(0-20分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA线材试样由直径为8mm的杆材冷轧而成,并且以750℃进行热处理,然后在水中进行淬火。从图23中可见,热处理长达7分钟然后进行淬火的在水中进行淬火的试样的屈服应力和抗拉强度得到

了改善。进行少于8分钟的热处理然后进行淬火导致抗拉强度显著增大以及屈服应力显著减小。从图23中可见,存在处于热处理温度长达7分钟的热处理时间的窗口,在该窗口中屈服应力和抗拉强度得到改善。淬火的优点在于制品及时可用。

[0289] 图24是根据本发明的直径为6.75mm的HSLA线材试样的延伸率(Agt)随热处理时间(0-20分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA线材试样由直径为8mm的杆材冷轧而成,并且以500℃进行热处理,然后在水中进行淬火。从图24中可见,在500℃,当塑性最初减小(这与正常的应变时效是一致的)之后,塑性随热处理时间稳步增大。从图24中可见,在热处理时间超过5分钟后,将试样在水中进行淬火热处理不会对塑性产生不利影响。此外,还可以看出,在以上段落中提到的试样的750℃的较高热处理温度产生比以500℃进行热处理的试样高2%的塑性。

[0290] 图25是根据本发明的直径为6.75mm的HSLA线材试样的屈服应力(保证强度——MPa)和抗拉强度(MPa)随热处理时间(0-20分钟)变化的曲线图,其中这些HSLA线材试样由直径为8mm的杆材冷轧而成,并且以500℃进行热处理,然后在水中进行淬火。从图25中可见,将试样在水中进行淬火热处理基本上不会对屈服应力和抗拉强度产生不利影响。换言之,在该热处理温度,将钢在水中进行淬火处理不存在负面效应。不过应注意,这些热处理条件导致屈服应力和抗拉强度增大。

[0291] 图26-图31侧重于对低碳钢试样进行的研发工作的结果。

[0292] 图26是根据本发明的试样的延伸率(Agt)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些试样以500℃进行热处理,并且试样包括直径为9.5mm和6.75mm的低碳钢线材试样,其分别由直径为10mm和8.5mm的杆材冷轧而成。该冷轧使得横截面面积分别减小18%和37%。从图26中可见,在500℃,当塑性最初减小(这与正常的应变时效是一致的)之后,塑性随热处理时间稳步增大。

[0293] 图27是根据本发明的试样的屈服应力(保证强度——MPa)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些试样以500℃进行热处理,并且试样包括直径为9.5mm和6.75mm的低碳钢线材试样,其分别由直径为10.5mm和8.5mm的杆材冷轧而成。该冷轧使得横截面面积分别减小18%和37%。从图27中可见,经过更深度机械加工的试样(即,6.75mm试样)的屈服应力最初阶段增大(直到2分钟热处理时间),然后随热处理时间减小,经过7分钟的热处理时间之后,屈服应力减小至原初强度,即冷加工强度。屈服应力在最初阶段增大的结果令人惊讶,这表明存在热处理窗口,在该窗口中可以实现屈服应力增大。从图27中可见,非深度机械加工的试样(即,9.5mm试样)的屈服应力在长达8分钟的热处理中并未受到负面影响。如果结合图26进行考虑的话,那么图27中所表达的结果是显著的结果,这是因为该结果表明可以对这种深度加工的钢进行热处理并实现图26的塑性增大,而不使屈服应力减小,且更重要的是可以使屈服应力增大。

[0294] 图28是根据本发明的试样的抗拉强度(MPa)随热处理时间(0-30分钟)变化的曲线图,其中这些试样以500℃进行热处理,并且试样包括直径为9.5mm和6.75mm的低碳钢线材试样,其分别由直径为10.5mm和8.5mm的杆材冷轧而成。该冷轧使得横截面面积分别减小18%和37%。从图28中可见,经过非深度机械加工的试样(即,9.5mm试样)的抗拉强度在最初阶段增大(直到8分钟热处理时间),然后随热处理时间减小。抗拉强度在最初阶段增大的结果令人惊讶,这表明存在热处理窗口,在该窗口中可以实现抗拉强度增大。如果结合图26

和图27进行考虑的话,那么图28的结果是显著的结果,这是因为该结果表明可以对这种深度加工的钢进行热处理并实现图26的塑性增大、图27的屈服应力增大,而不使抗拉强度减小。

[0295] 图29是根据本发明的试样的屈服应力(保证强度——MPa)、抗拉强度(MPa)、和延伸率(Agt)随热处理时间(0-15分钟)变化的曲线图,其中这些试样以500℃进行热处理,并且试样包括直径为10.7mm的低碳钢线材试样,其由直径为12mm的杆材冷轧而成。该冷轧使得样品的横截面面积减小20%。每种参数的图线示出为与实际数据点最为贴合的线条。从图29中可见,屈服应力、抗拉强度和塑性随热处理时间稳步增大。屈服应力增大的结果令人惊讶。在整个热处理温度范围内,试样的屈服应力高于这些试样在热处理之前的屈服应力。

[0296] 图30是根据本发明的试样的屈服应力(保证强度——MPa)、抗拉强度(MPa)、和延伸率(Agt)随热处理时间(0-15分钟)变化的曲线图,其中这些试样以500℃进行热处理,并且试样包括直径为8.5mm的低碳钢线材试样,其由直径为7.6mm的杆材冷轧而成。该冷轧使得样品的横截面面积减小20%。每种参数的图线示出为与实际数据点最为贴合的线条。从图30中可见,屈服应力和抗拉强度最初随热处理时间增大并在约5分钟达到峰值,然后随热处理时间延长而逐渐减小。屈服应力在初始阶段增大的结果令人惊讶,这表明存在热处理窗口,在该窗口中可以实现屈服应力增大。在整个热处理温度范围内,试样的屈服应力高于这些试样在热处理之前的屈服应力。从图30中还可见,塑性随热处理时间稳步增大。

[0297] 图31是根据本发明的试样的屈服应力(保证强度——MPa)、抗拉强度(MPa)、和延伸率(Agt)随热处理时间(0-15分钟)变化的曲线图,其中这些试样以500℃进行热处理,并且试样包括直径为4.75mm的低碳钢线材试样,其由直径为5.5mm的杆材冷轧而成。线材试样在热处理之前经过矫直机。该冷轧使得样品的横截面面积减小25%。每种参数的图线示出为与实际数据点最为贴合的线条。从图31中可见,屈服应力和抗拉强度最初随热处理时间相当快速地增大并在约2-3分钟达到峰值,然后随热处理时间延长而逐渐减小。屈服应力在初始阶段增大的结果令人惊讶,这表明存在热处理窗口,在该窗口中可以实现屈服应力增大。在整个热处理温度范围内,试样的屈服应力高于这些试样在热处理之前的屈服应力。从图31中还可见,塑性随热处理时间稳步增大。

[0298] 图32是根据本发明的试样的屈服应力(保证强度——MPa)、抗拉强度(MPa)、和延伸率(Agt)随热处理时间(0-15分钟)变化的曲线图,其中这些试样以500℃进行热处理,并且试样包括直径为4.75mm的低碳钢线材试样,其由直径为5.5mm的杆材冷轧而成。线材试样在热处理之前经过矫直机。该冷轧使得样品的横截面面积减小25%。该试验的试验程序与图31中所表达试验的之间的唯一区别与所使用的矫直机有关。该矫直辊是直径比用于第(h)项试样的矫直辊的直径小的矫直辊。每种参数的图线示出为与实际数据点最为贴合的线条。从图32中可见,屈服应力和抗拉强度最初随热处理时间相当快速地增大并在约2-3分钟达到峰值,然后随热处理时间延长而逐渐减小。屈服应力在初始阶段增大的结果令人惊讶,这表明存在热处理窗口,在该窗口中可以实现屈服应力增大。在整个热处理温度范围内,试样的屈服应力高于这些试样在热处理之前的屈服应力。从图32中还可见,塑性随热处理时间稳步增大。图31中的试验结果与图32中的非常相似,除了因图31的矫直机不同于图32的矫直机,屈服应力、抗拉强度和延伸率略高。

[0299] 图33是根据本发明的试样的屈服应力(保证强度——MPa)、抗拉强度(MPa)、和延

伸率 (Agt) 随热处理时间 (0-15分钟) 变化的曲线图, 其中这些试样以500℃进行热处理, 并且试样包括直径为3.06mm的中碳钢线材试样, 其由直径为5.5mm的杆材冷轧而成。该冷轧使得这些样品的横截面面积分别减小69%。每种参数的图线示出为与实际数据点最为贴合的线条。从图33中可见, 屈服应力最初随热处理时间相当快速地增大并在约3分钟达到峰值, 然后随热处理时间延长而逐渐减小。屈服应力在初始阶段增大的结果令人惊讶, 这表明存在热处理窗口, 在该窗口中可以实现屈服应力增大。在整个热处理温度范围内, 试样的屈服应力高于这些试样在热处理之前的屈服应力。从图33中还可见, 塑性随热处理时间稳步增大。

[0300] 申请人所进行的实验工作表明, 对于根据本发明进行处理的带肋线材和光滑线材而言, 本发明的机制没有任何区别。

[0301] 总而言之, 如附图中所总结的结果所示出的那样, 申请人发现, 重要的是, 通过机械加工和热处理的组合, 由低合金高强度钢、中碳钢、和低碳钢制成的线材的塑性 (以延伸率测量)、屈服应力、和抗拉强度可以增大。由于以下原因, 该发现是重要的发现:

[0302] • 可以显著地减小制造制品所需的钢用量, 而不使制品中钢的承载能力下降。减小所需钢用量改善了施工的经济性, 并且降低了碳足迹。

[0303] • 可以获得具有较高强度和塑性的制品。

[0304] • 可以改变设计, 并从而可以改变由钢制品制成的复合制品的成本。

[0305] 一个示例是用于建筑行业中的钢筋混凝土制品。通过本发明, 可以减小这些制品中的钢用量和/或混凝土用量, 或者提高这些制品在给定钢用量下的结构性能。

[0306] • 由于可以以较低的资本成本和运营成本执行本发明的方法, 因此该方法是经济的。

[0307] 本发明可以用于终端用途制品制造的不同阶段, 因此提供了相当大的灵活性。例如, 可以根据本发明对钢线材进行加工以增大线材的屈服应力和塑性, 然后再进行卷绕。

[0308] 经过卷绕的制品可以形成为终端用途制品, 如螺线、扎线等。或者, 可以生产标准螺线, 将其卷绕, 然后进行加工以生产如网片和扎线等的制品, 并且可以根据本发明对这些制品进行处理以增大制品的屈服应力和塑性。

[0309] 在不偏离上述本发明的精神的情况下, 可以对本发明进行各种修改。

[0310] 作为示例, 上述研发工作的报告侧重于线材。然而, 申请人认为, 通过线材发现的结果应能够移植到杆材、棒材、和带材钢制品。



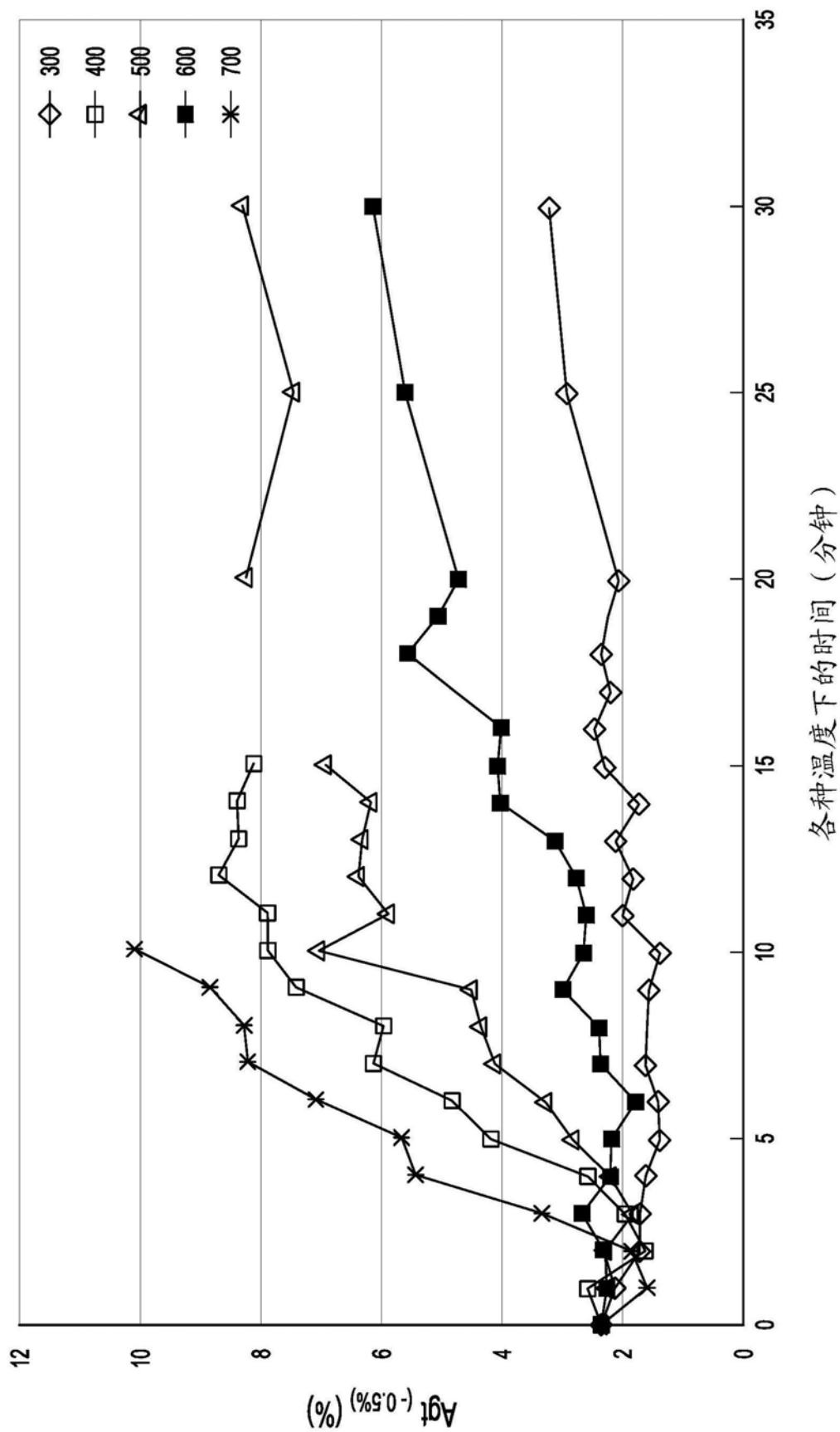


图1

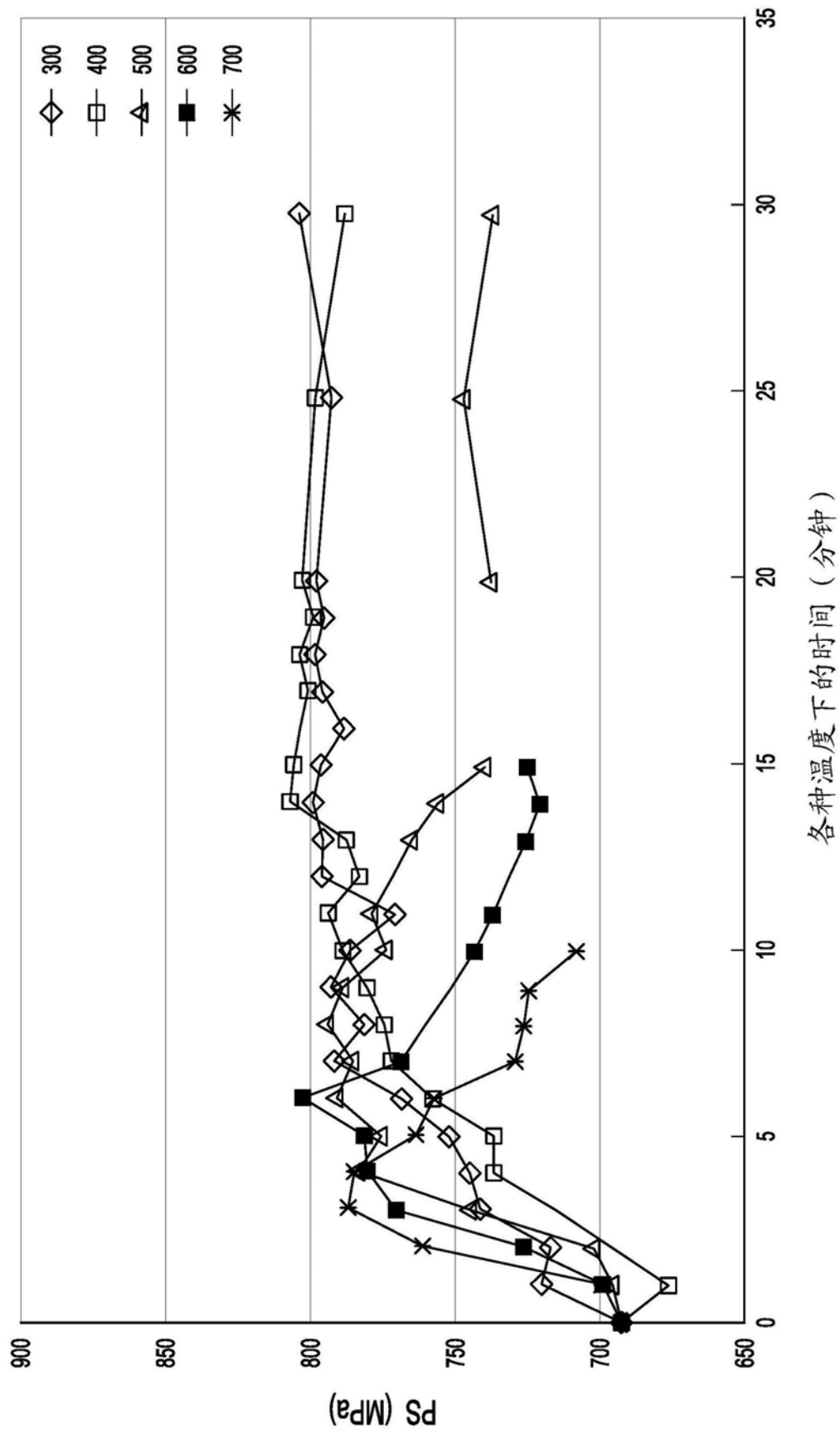


图2

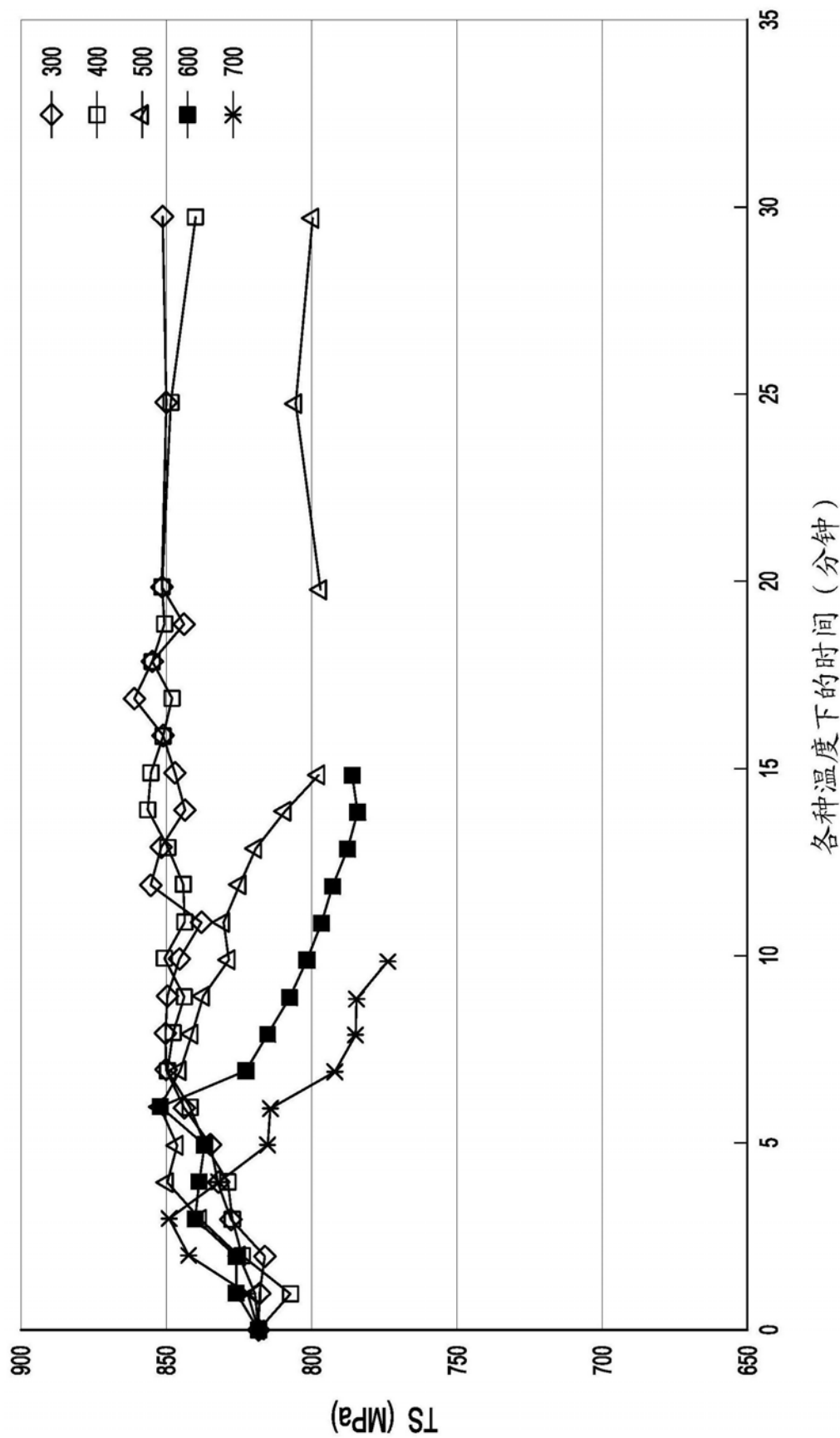


图3

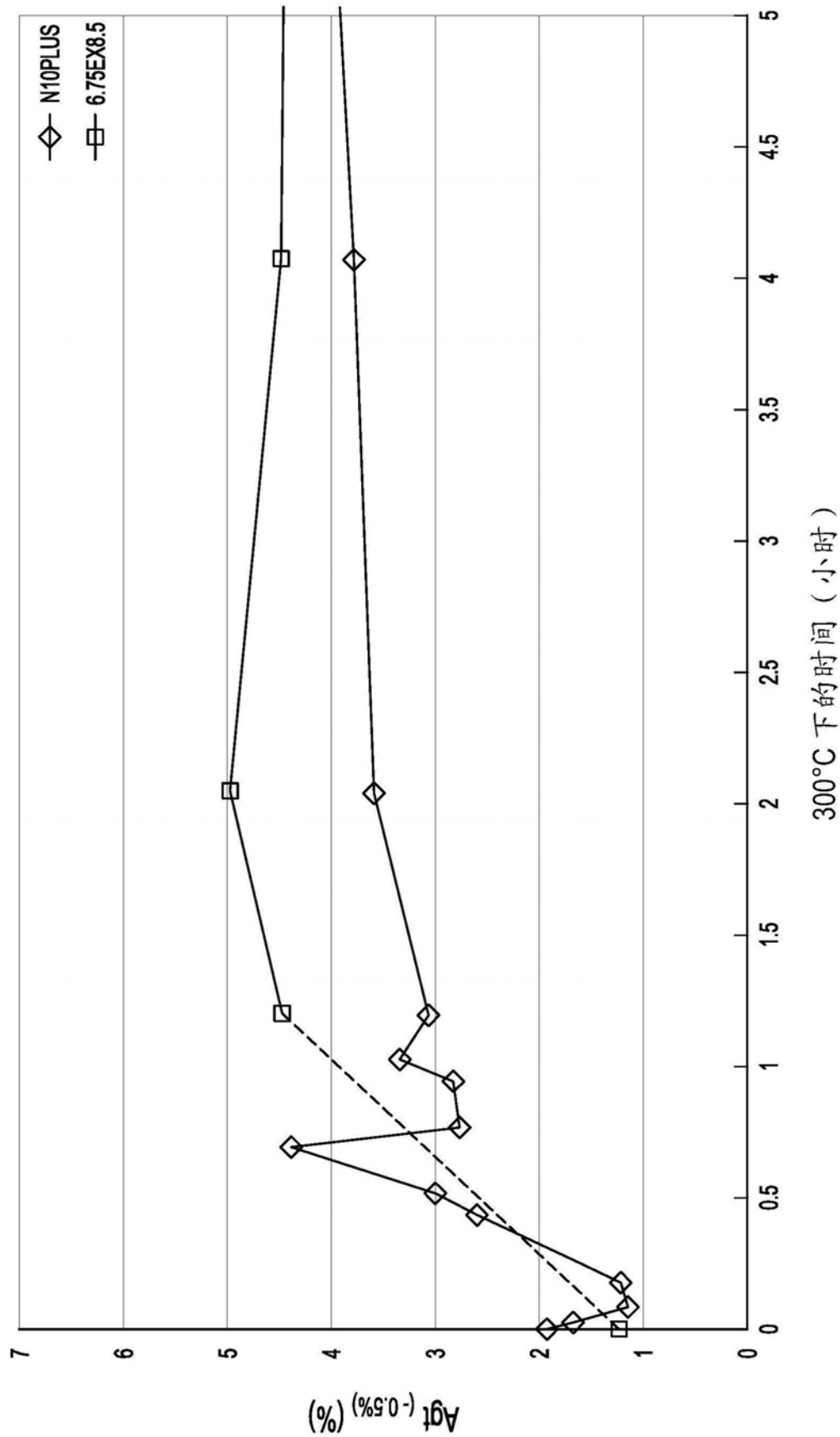


图4

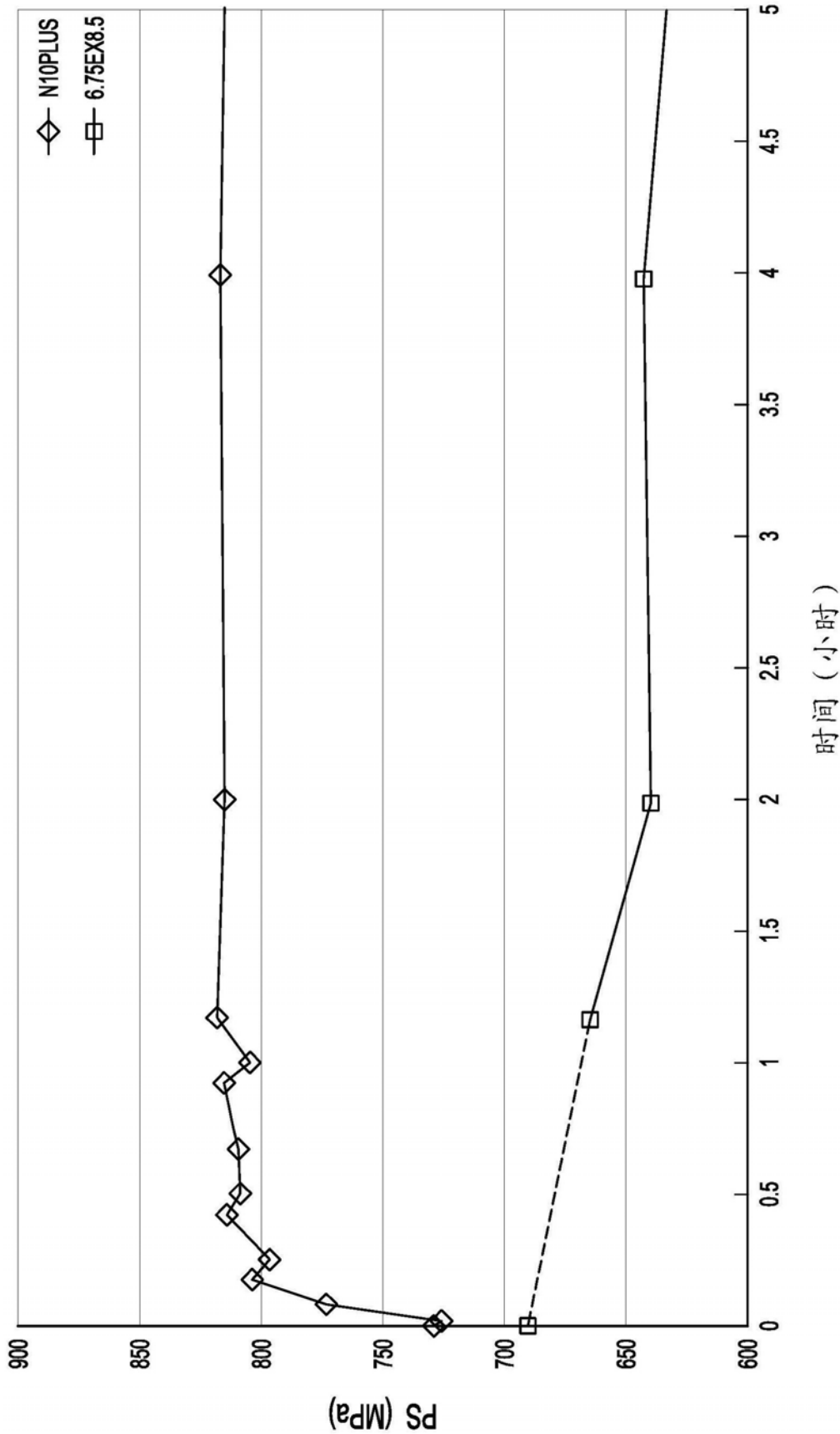


图5

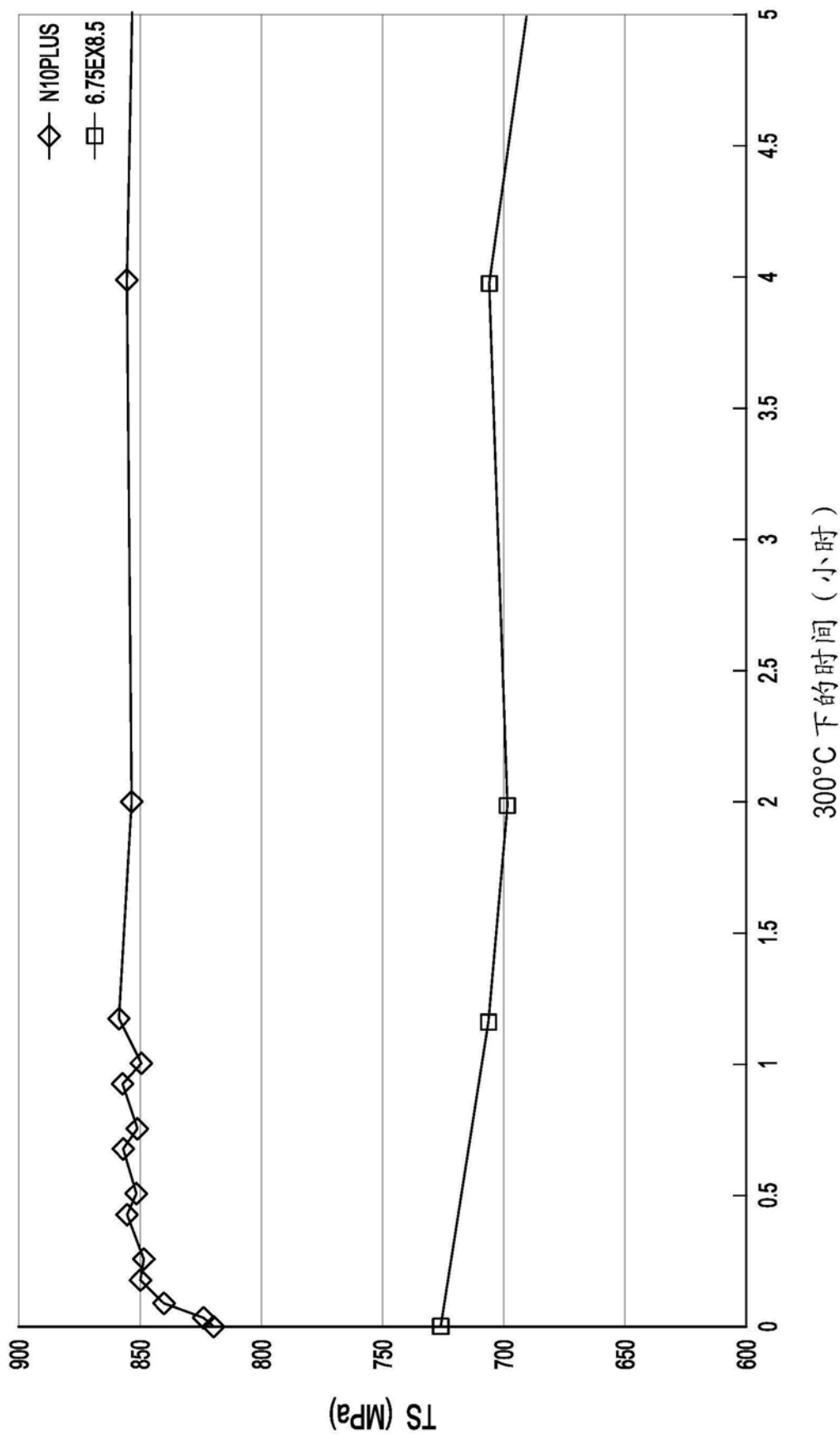


图6

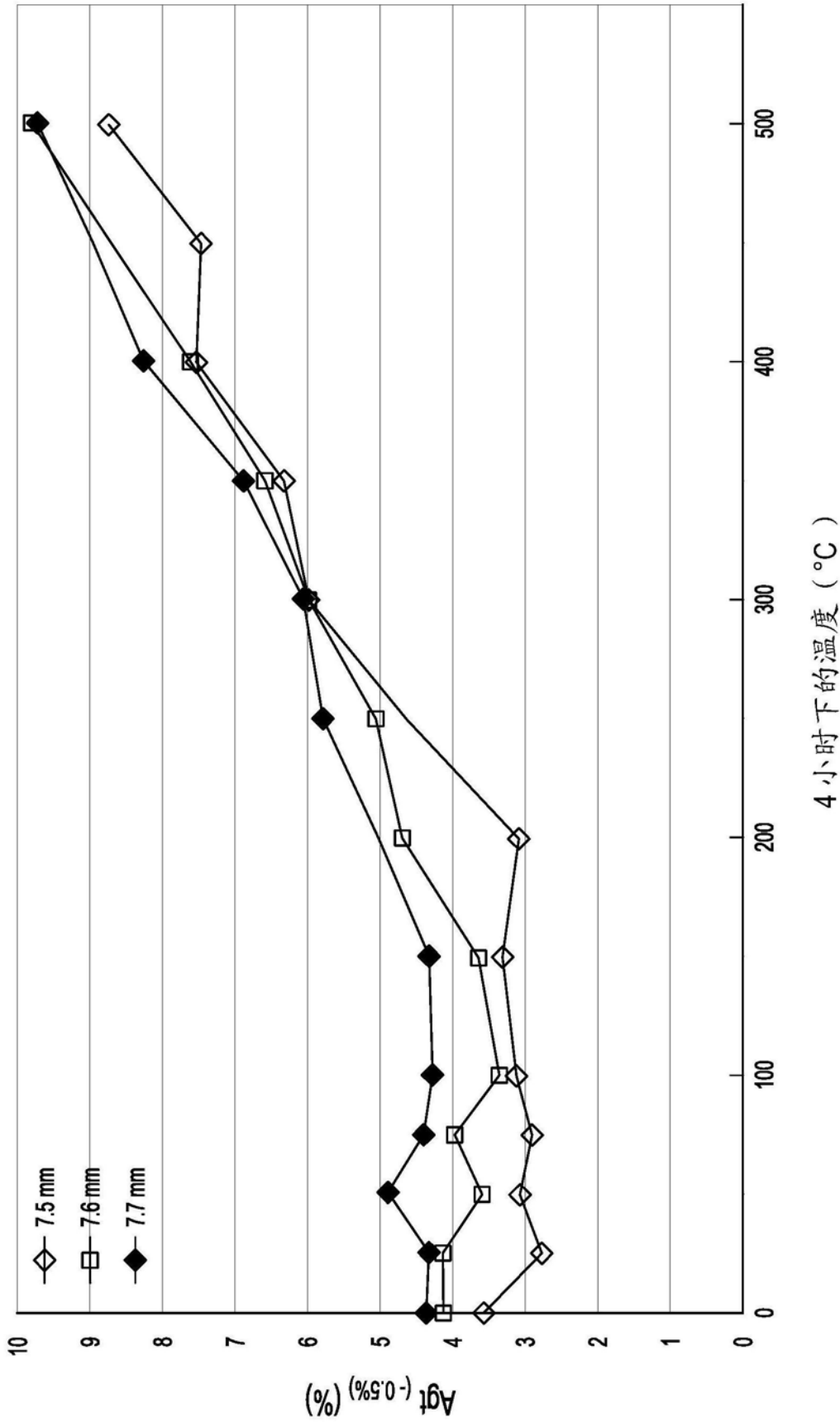


图7

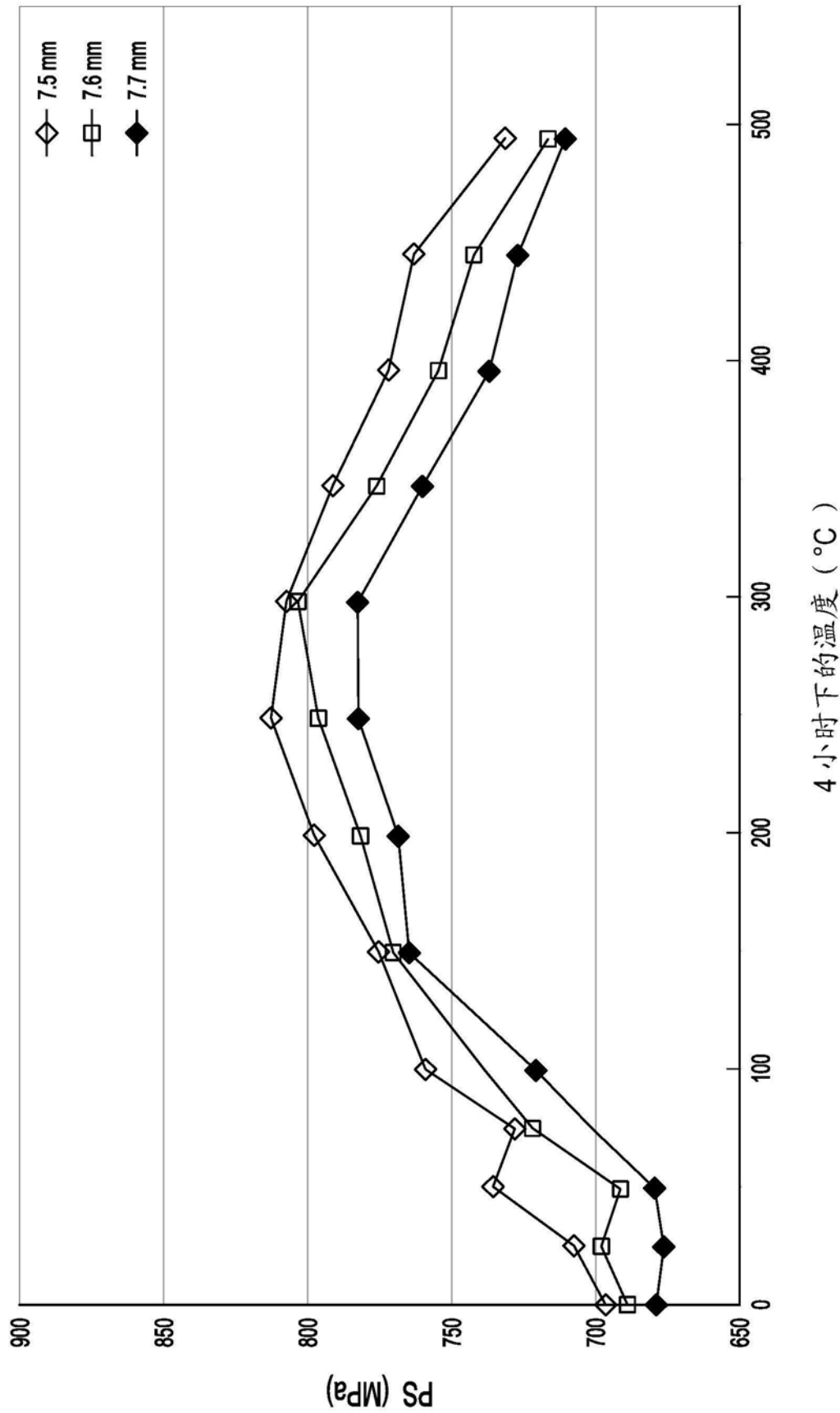


图8



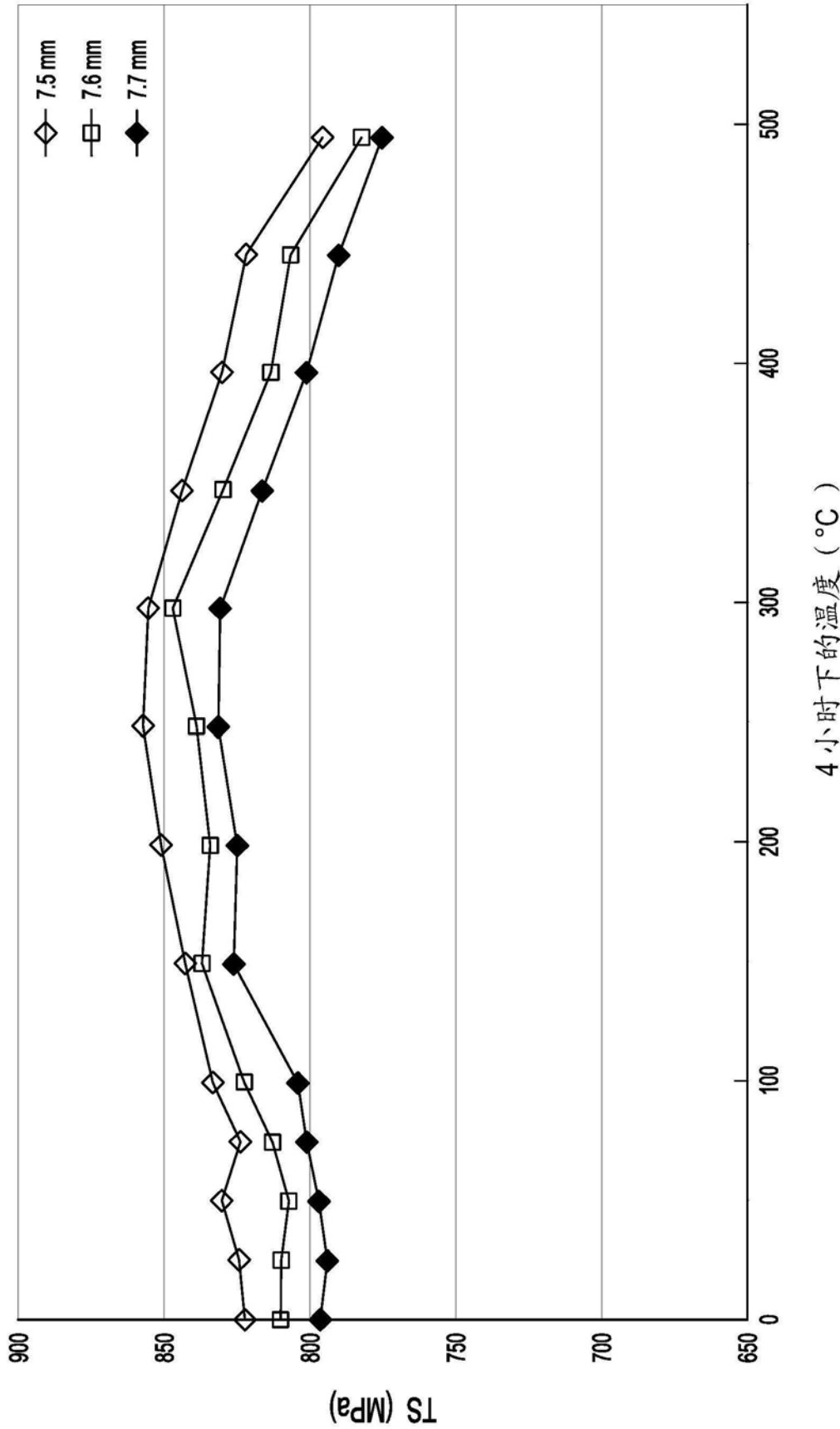


图9

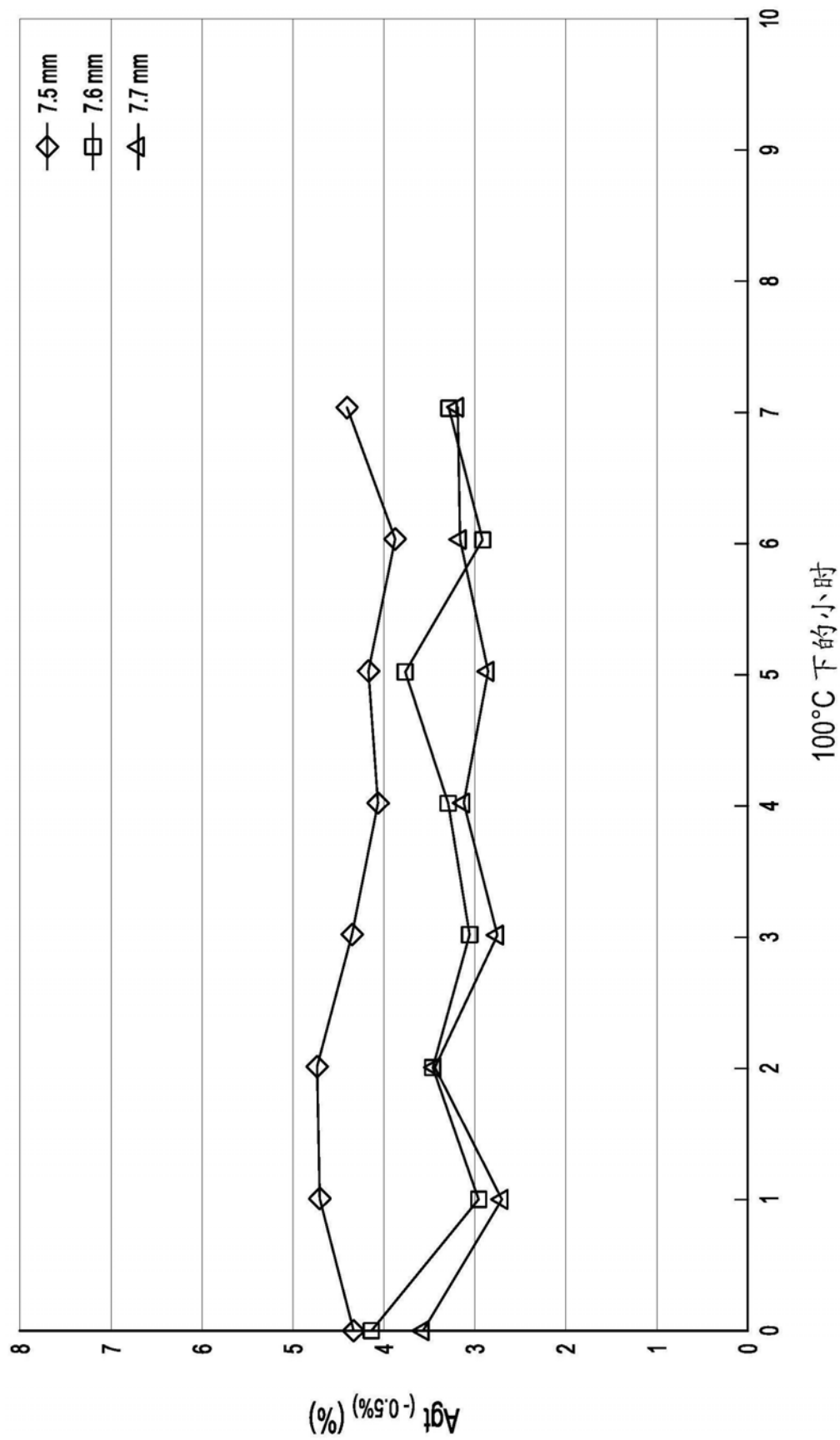


图10

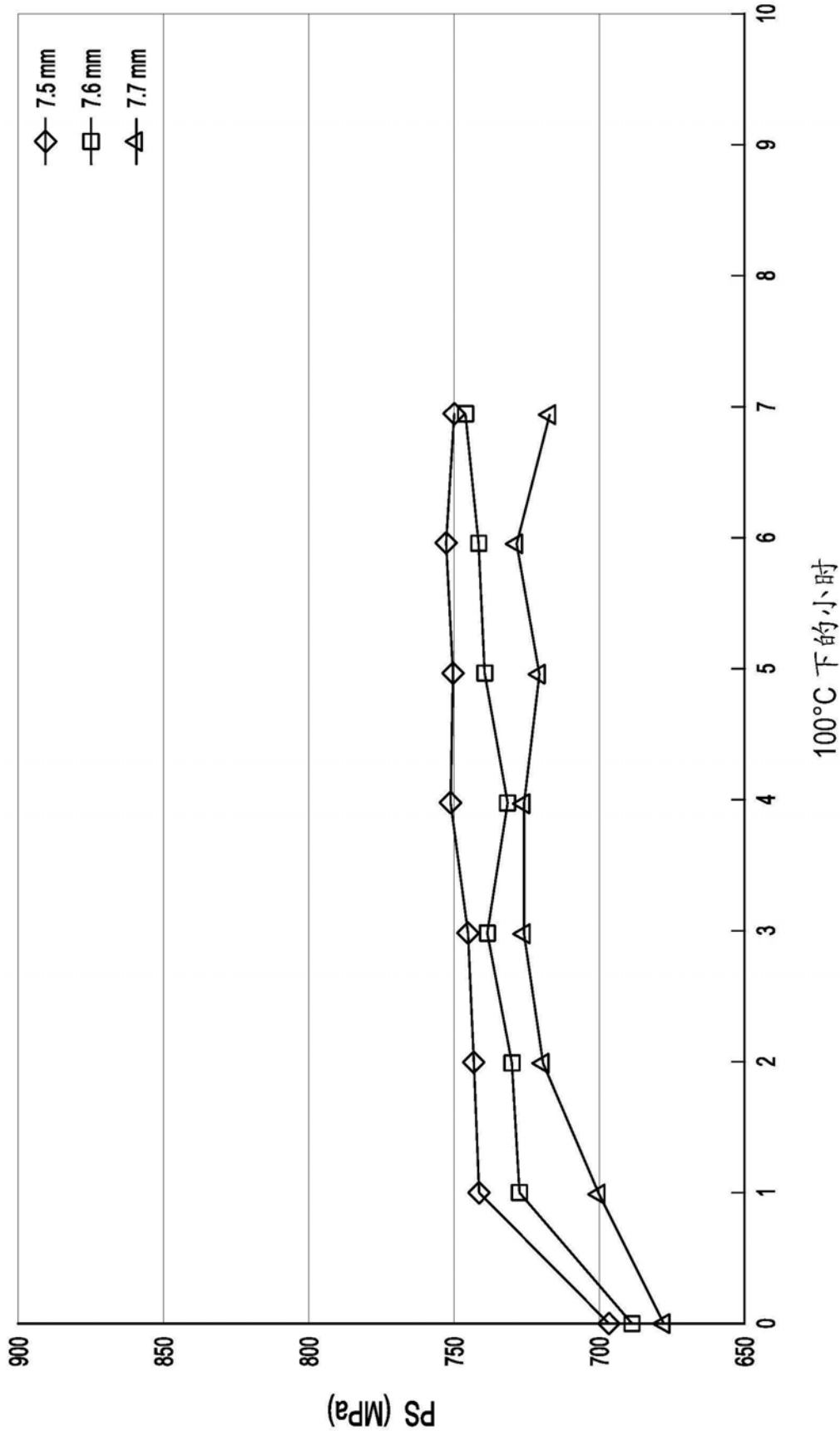


图11

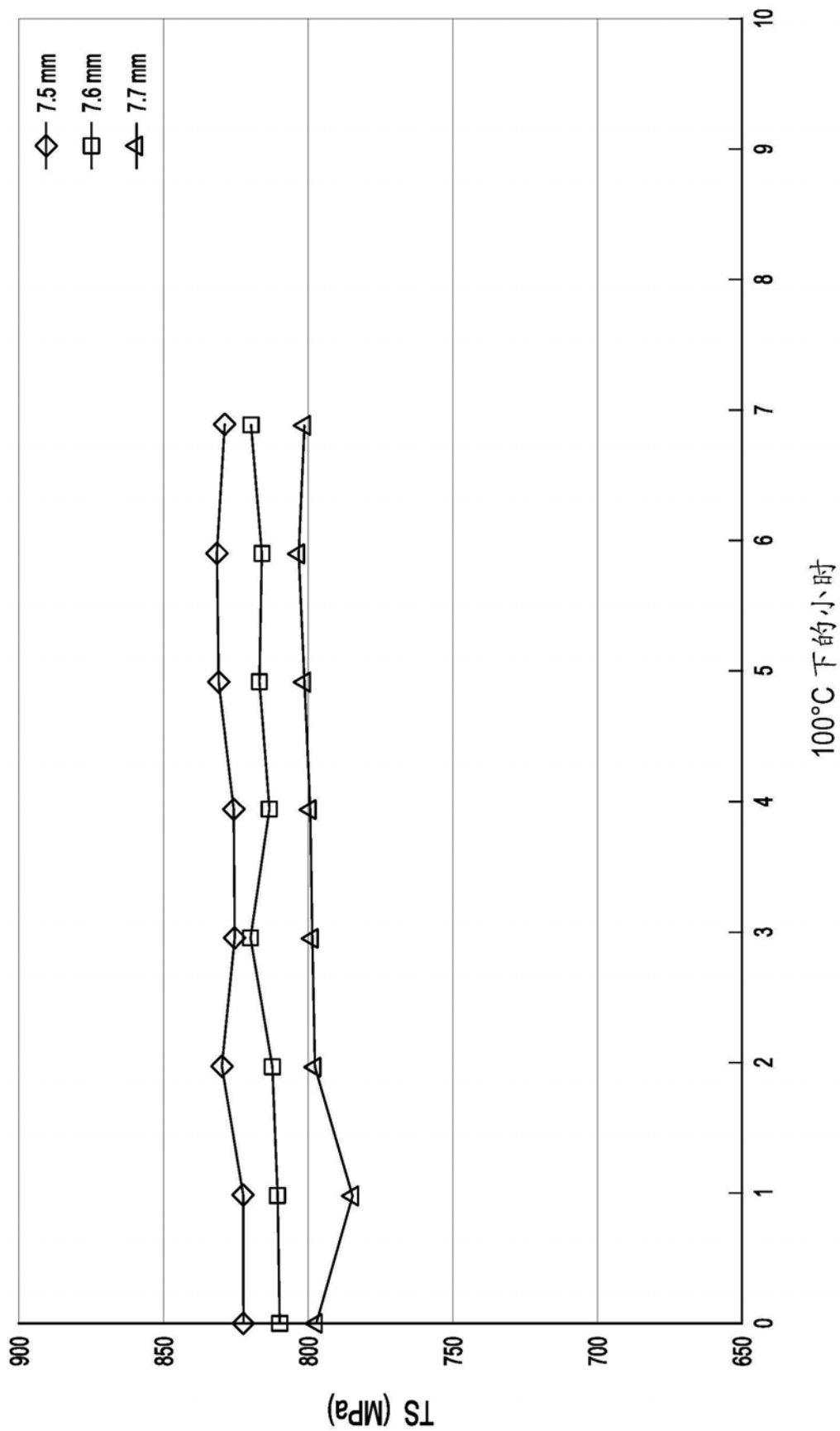


图12

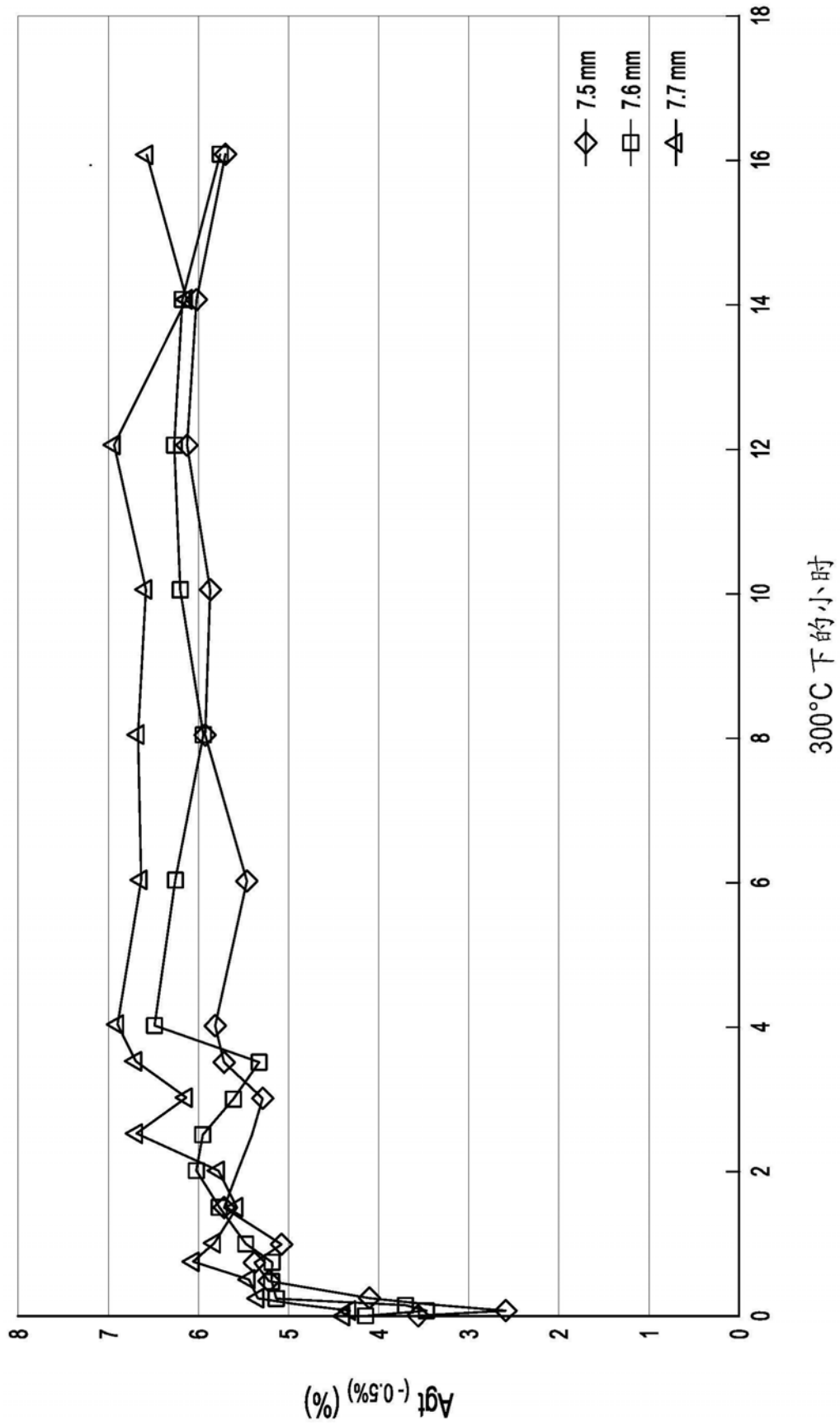


图13

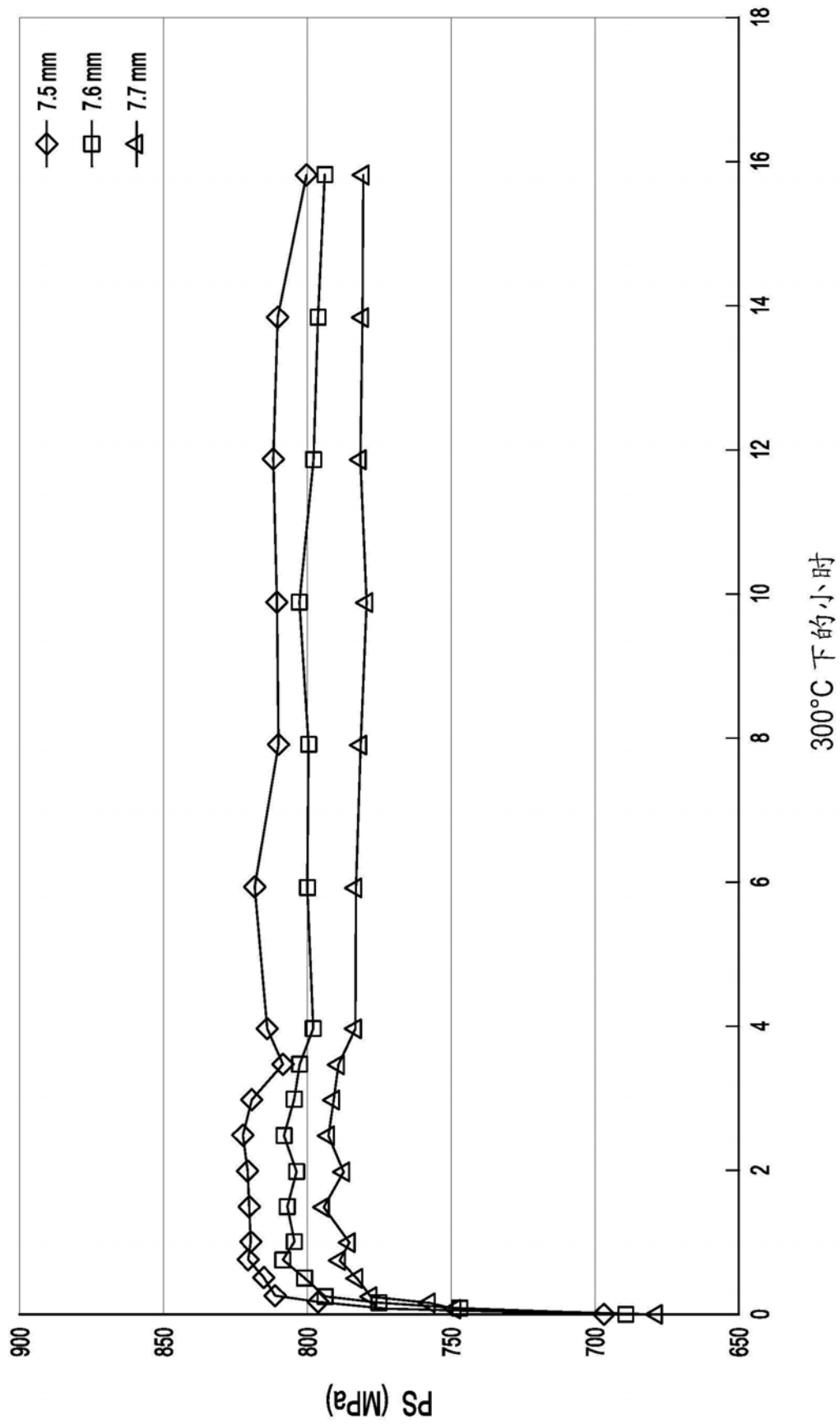


图14

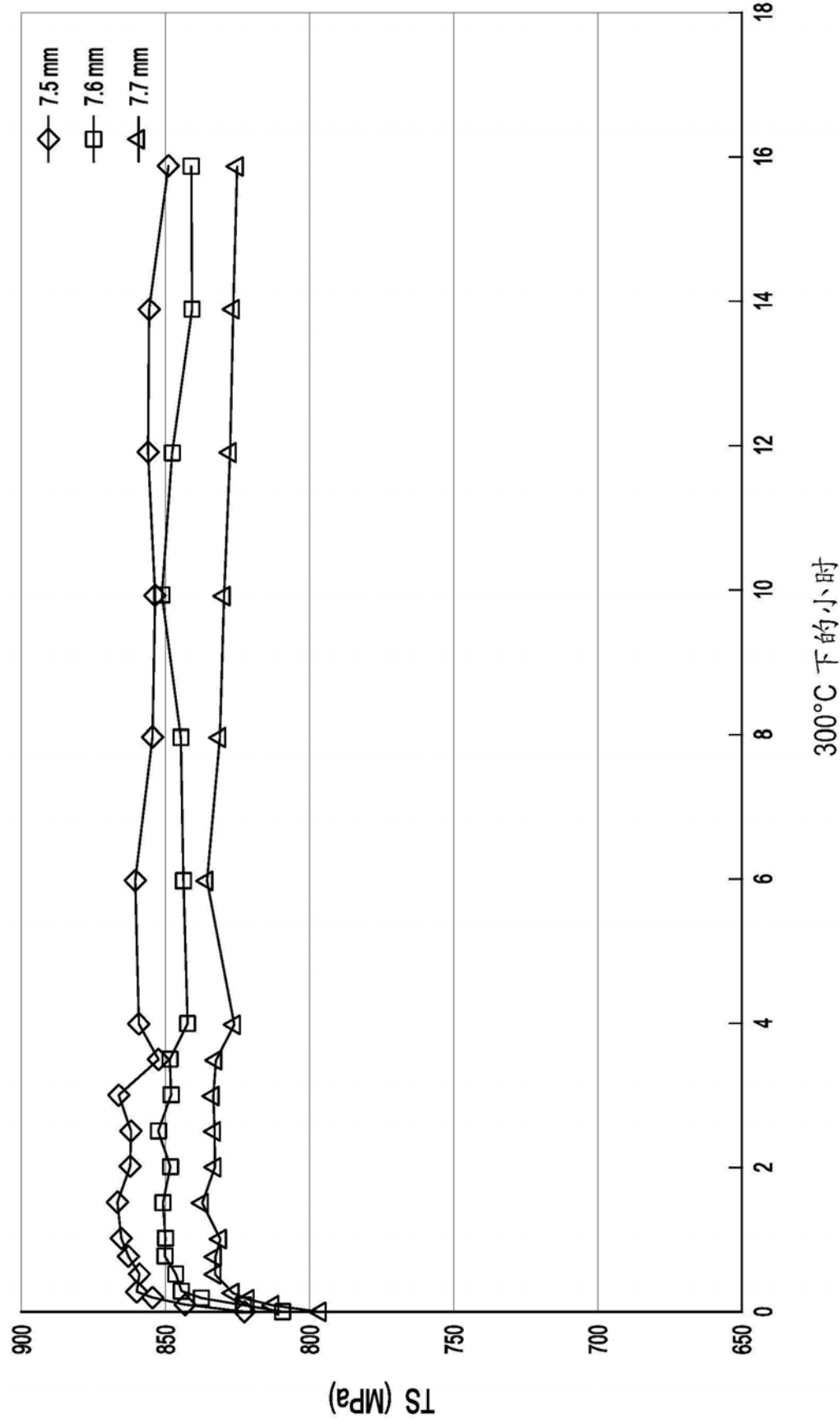


图15

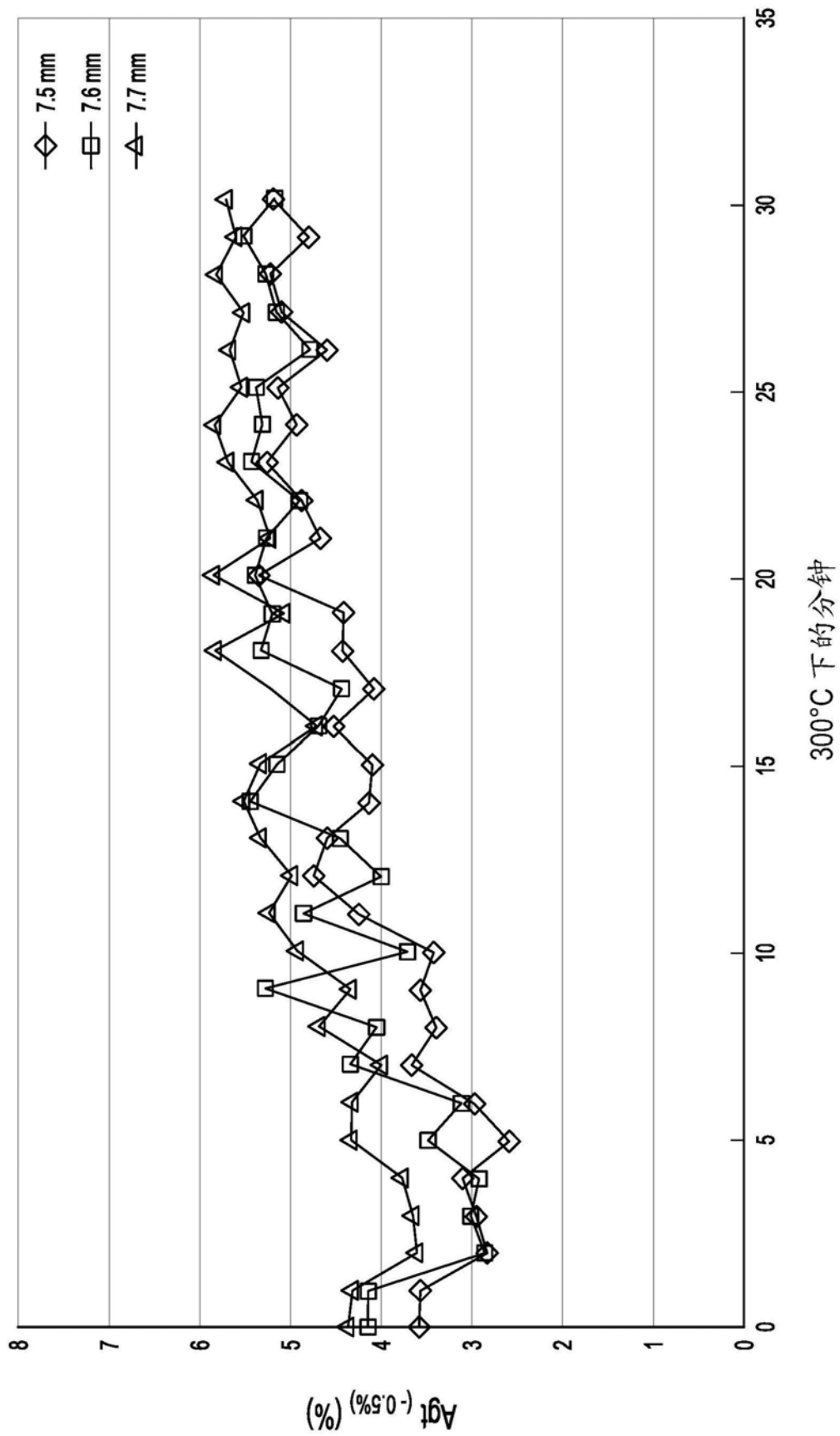


图16



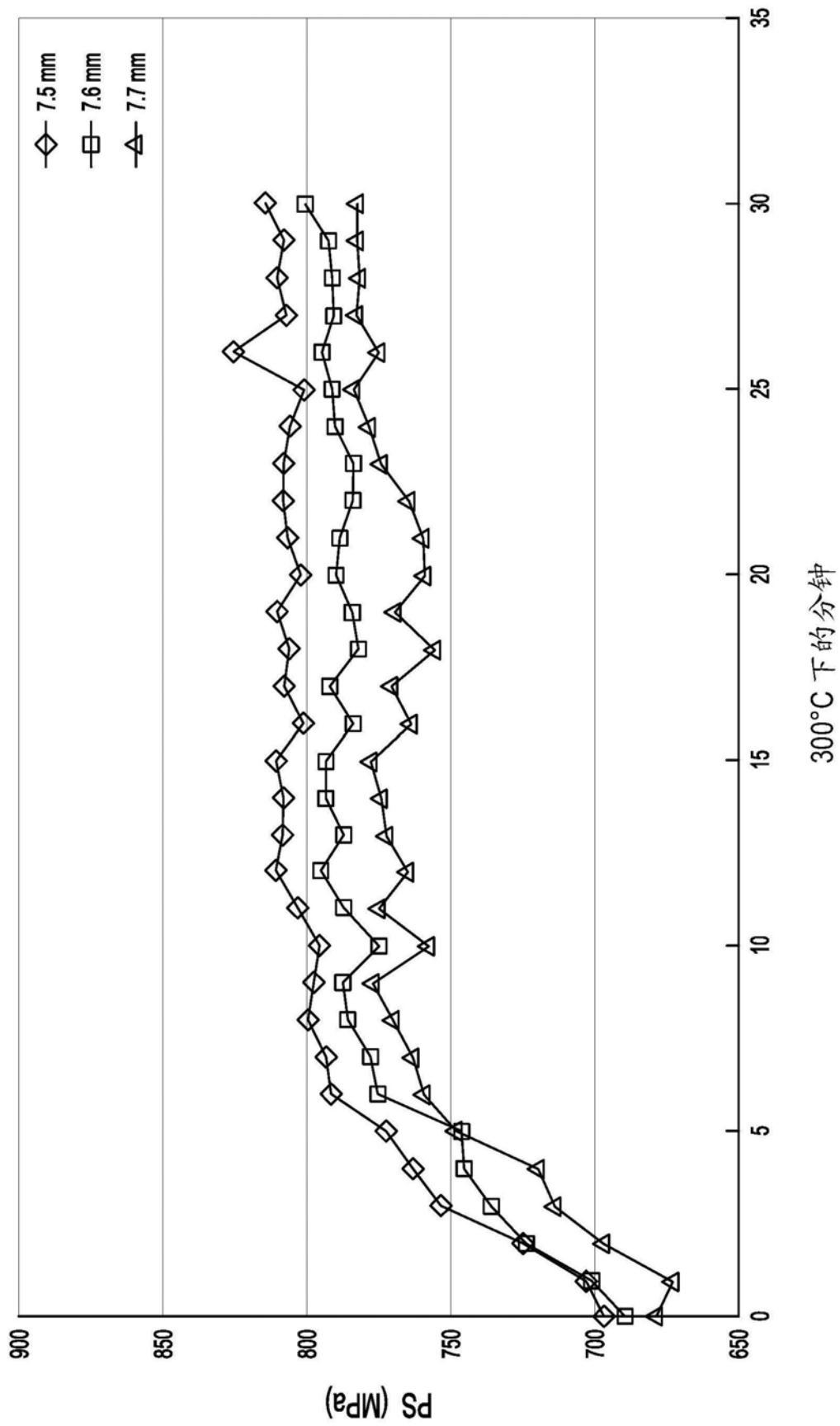


图17

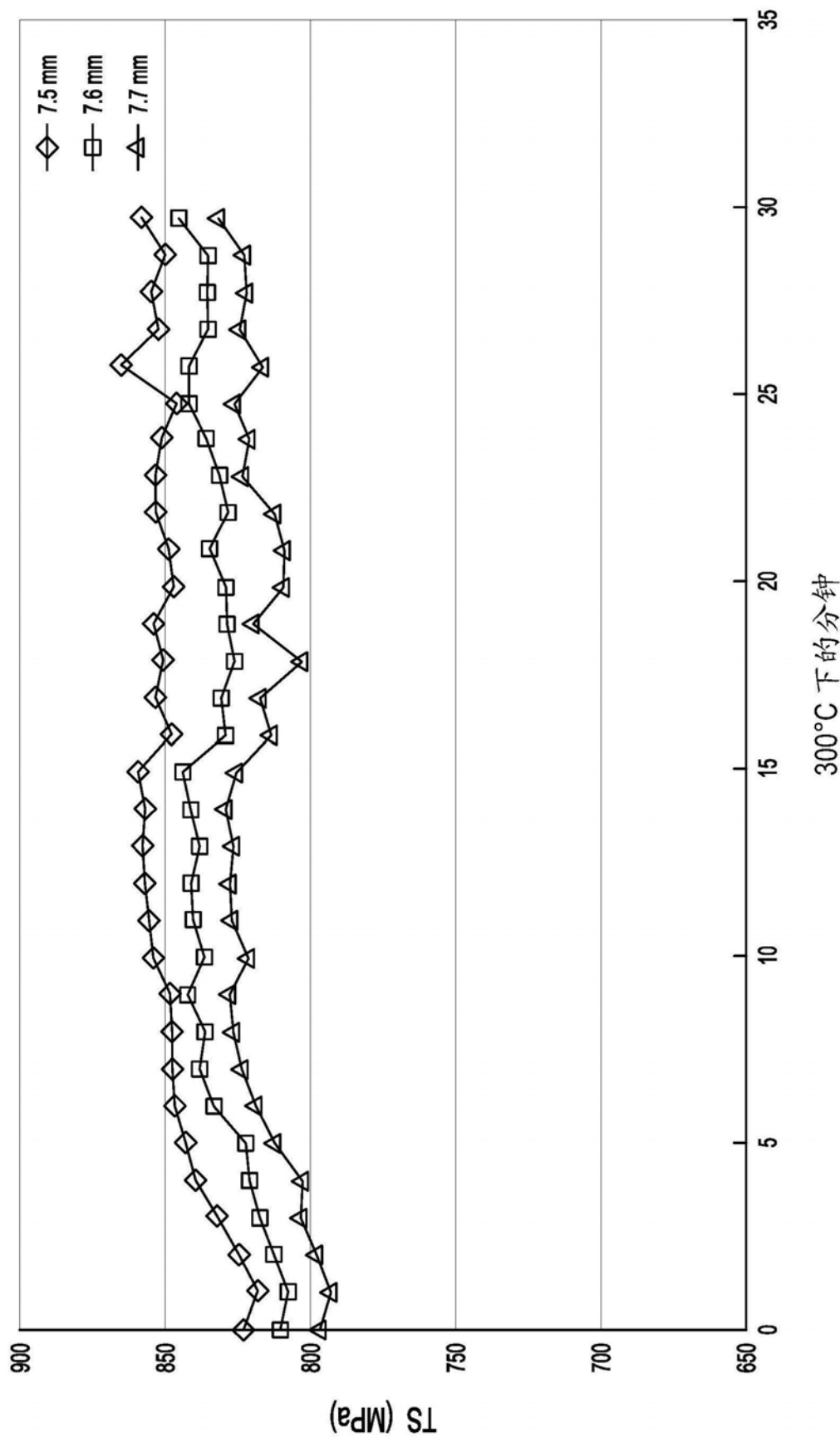


图18

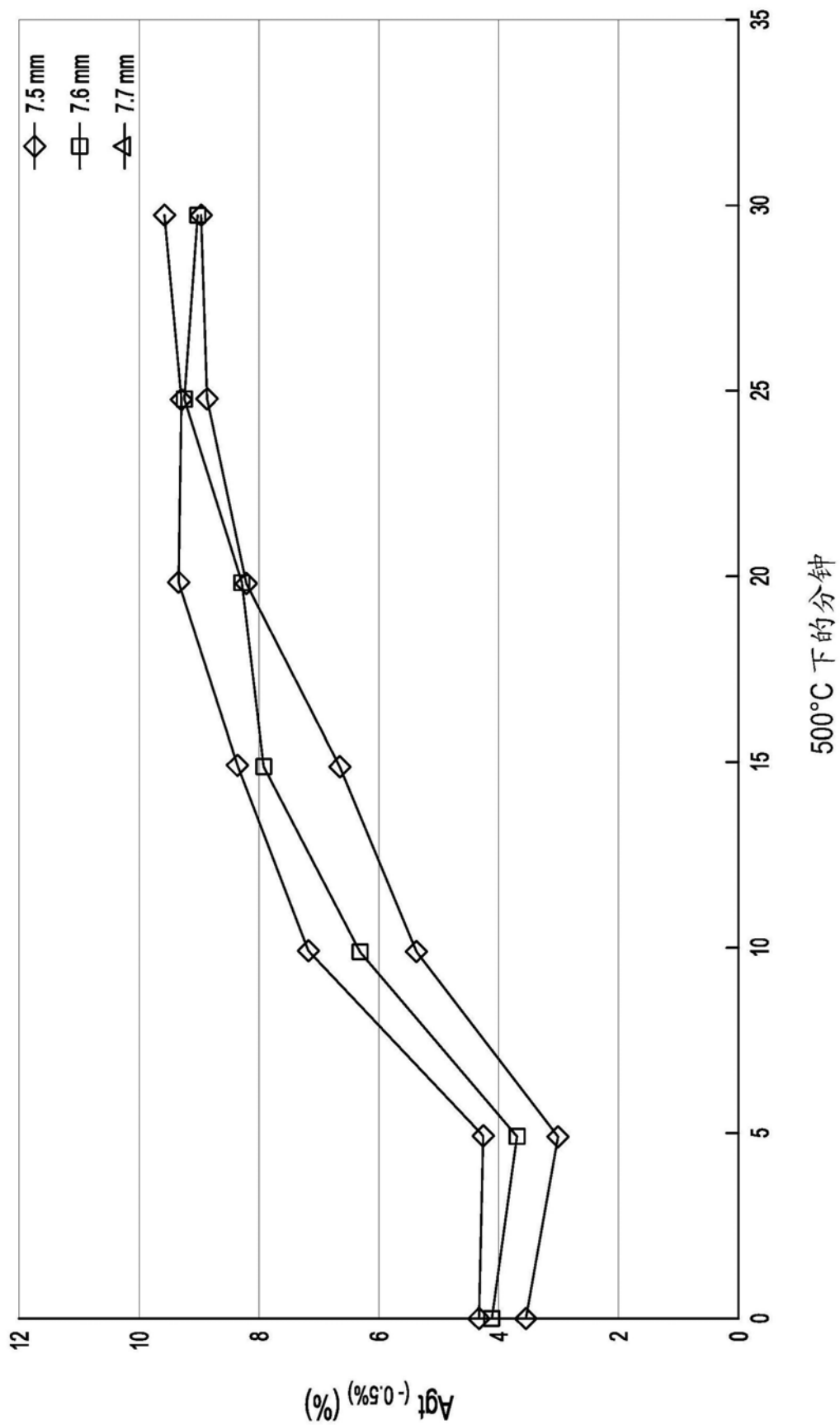


图19

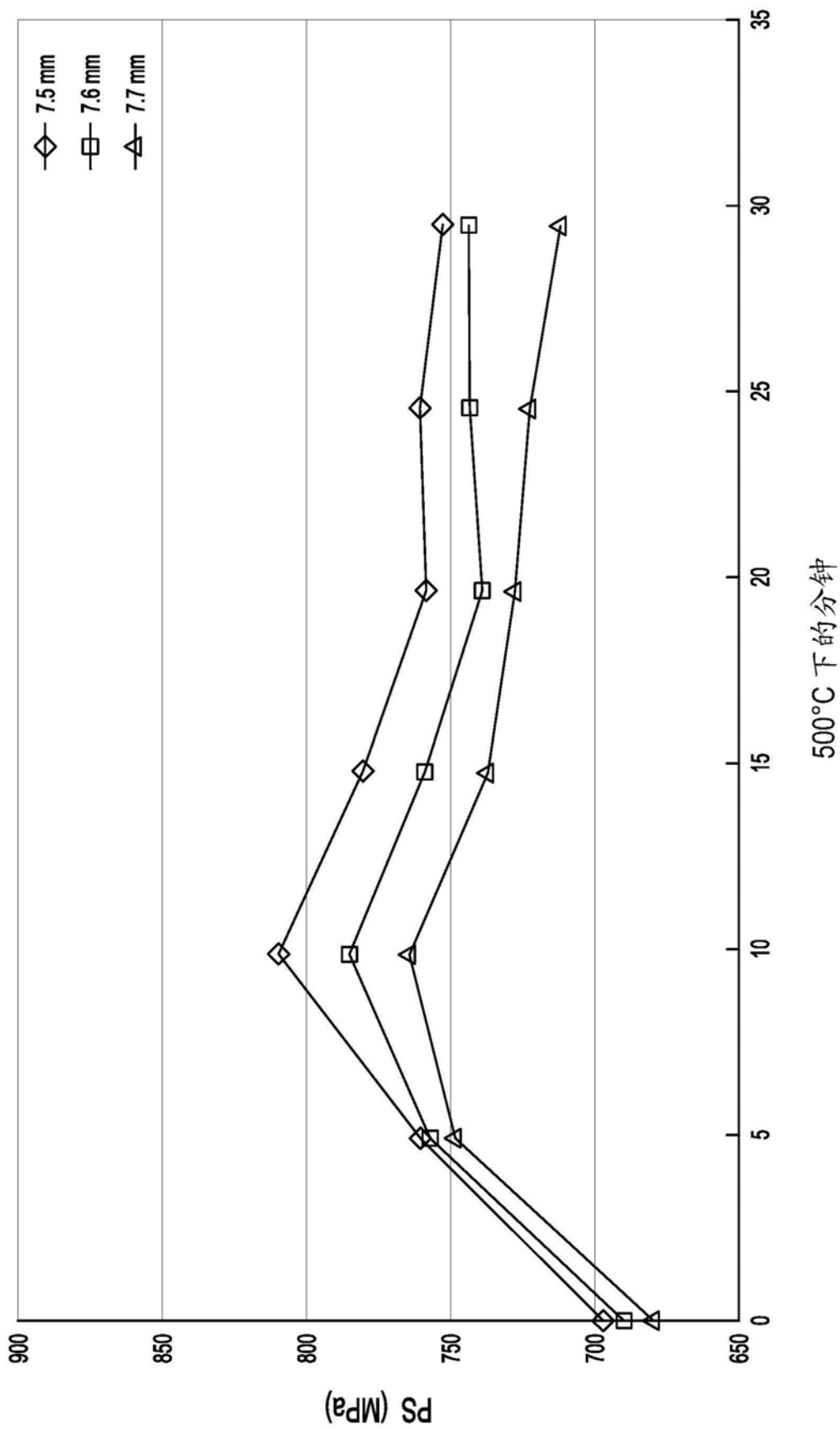


图20

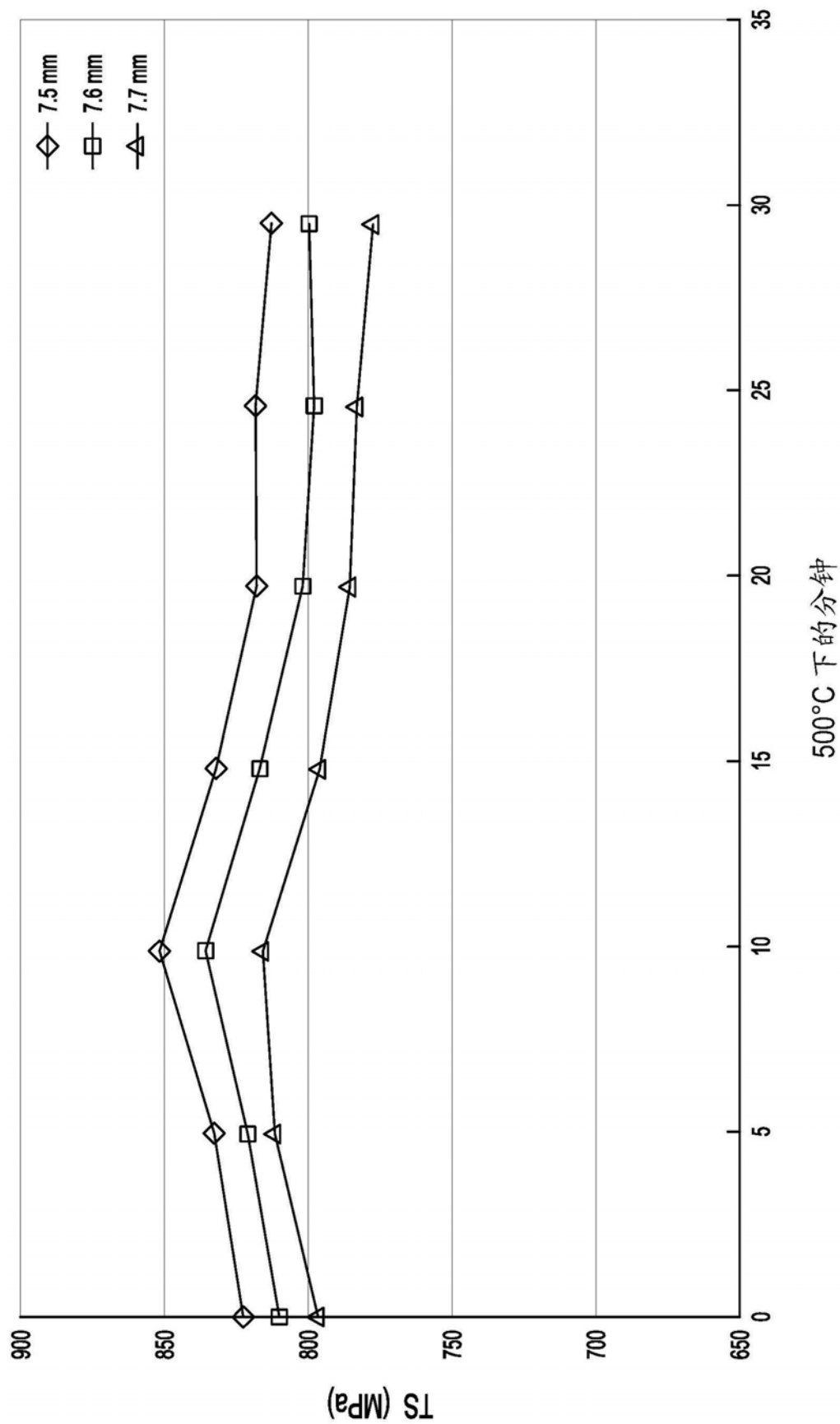


图21

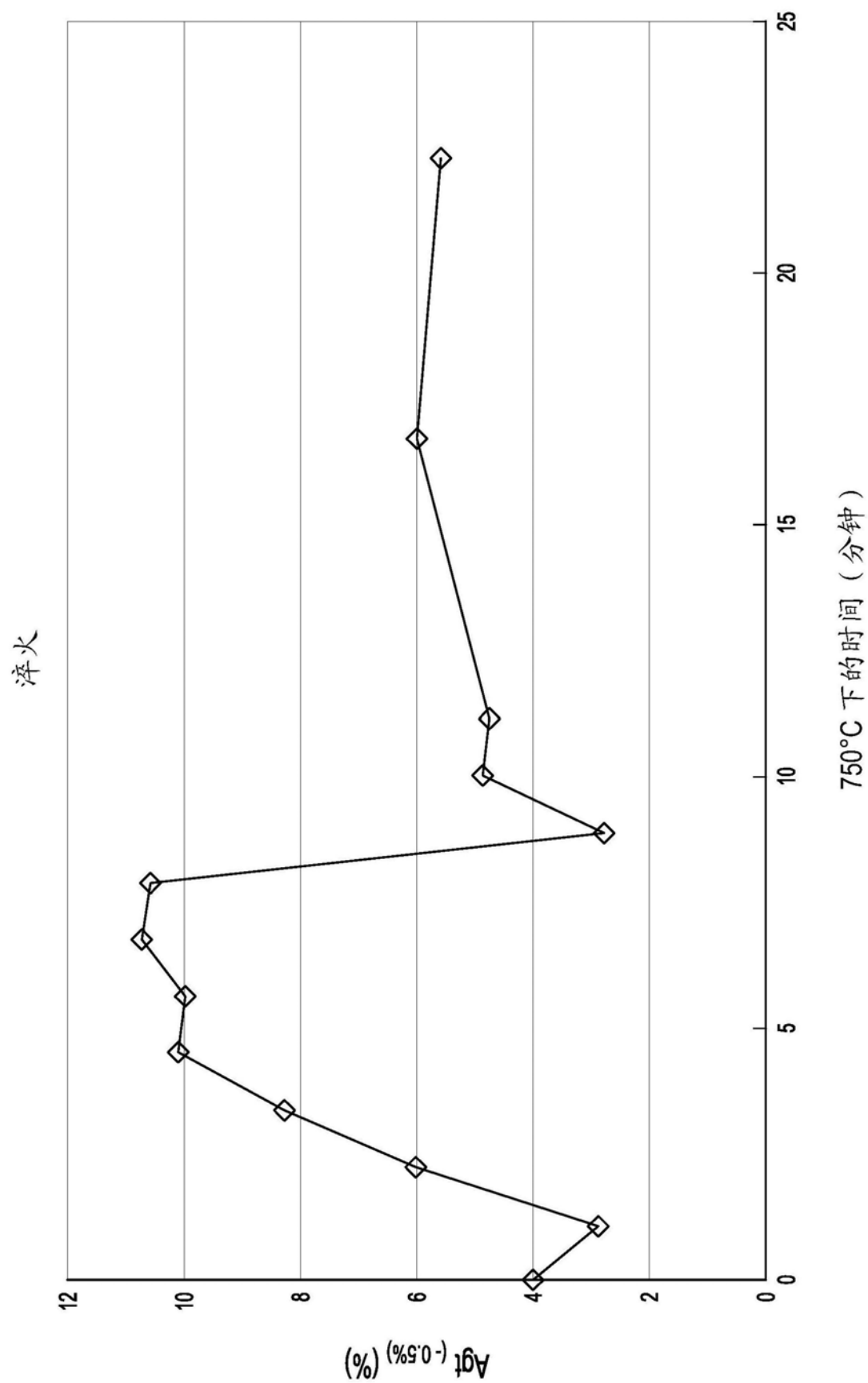


图22

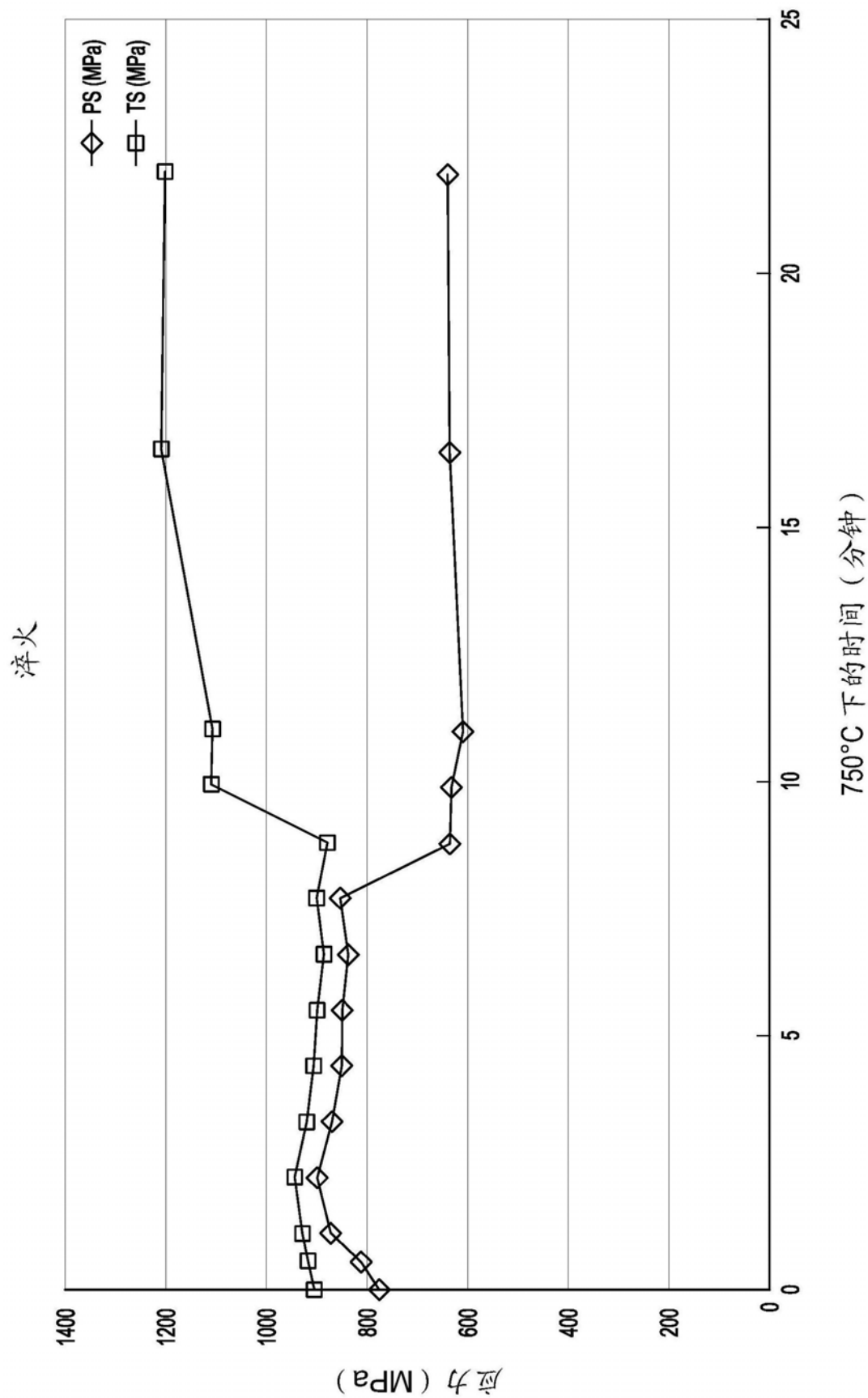


图23

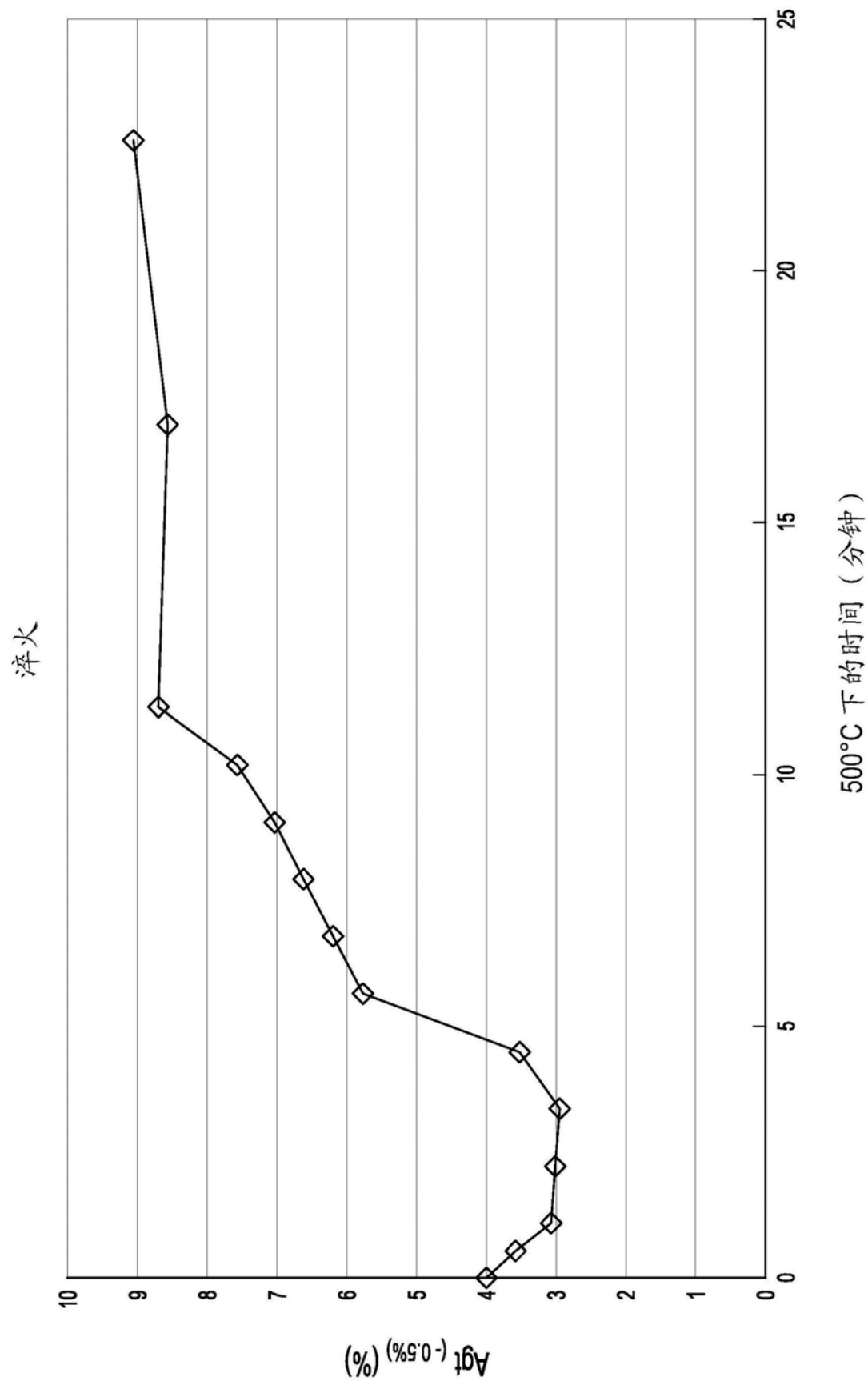


图24



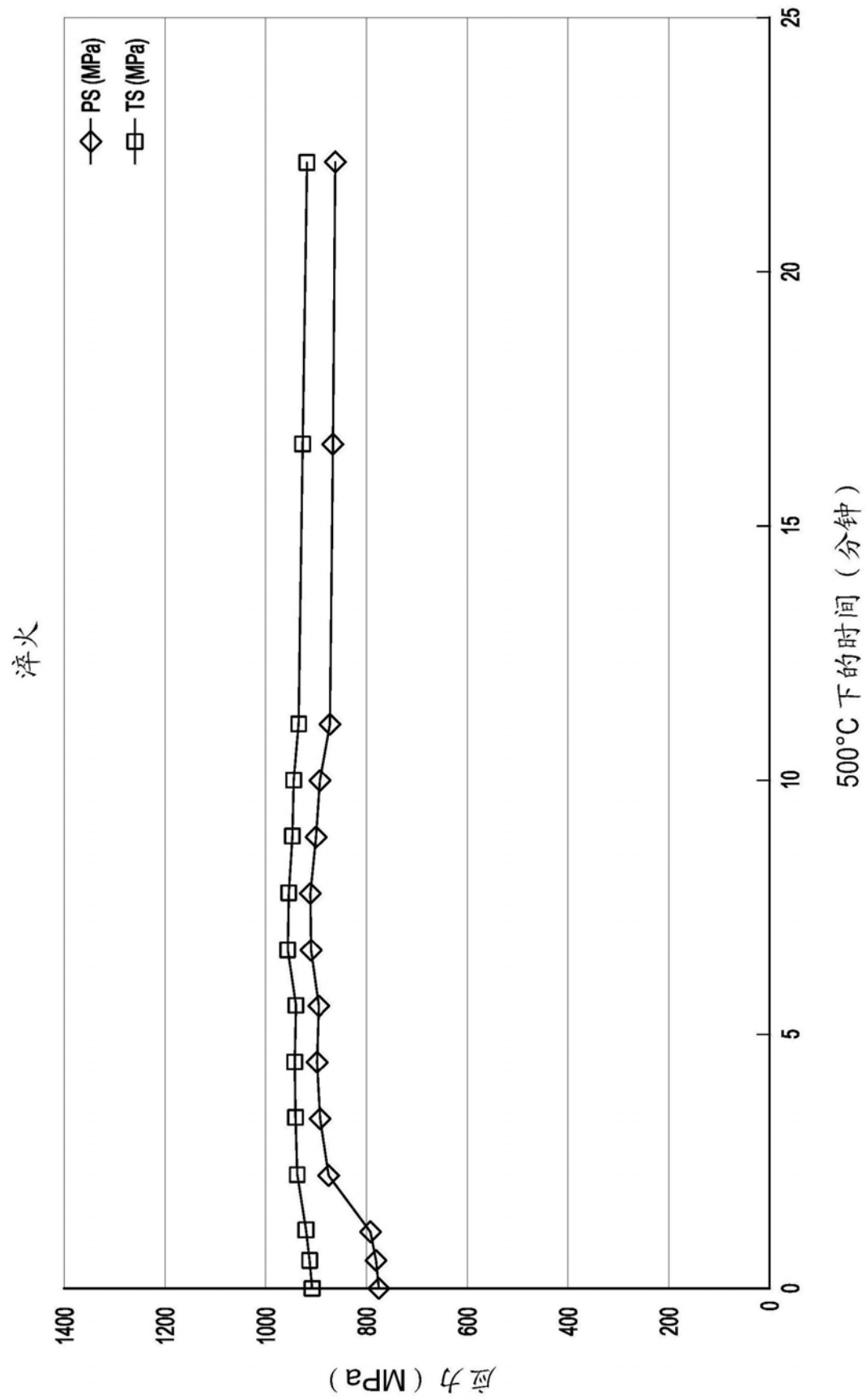


图25

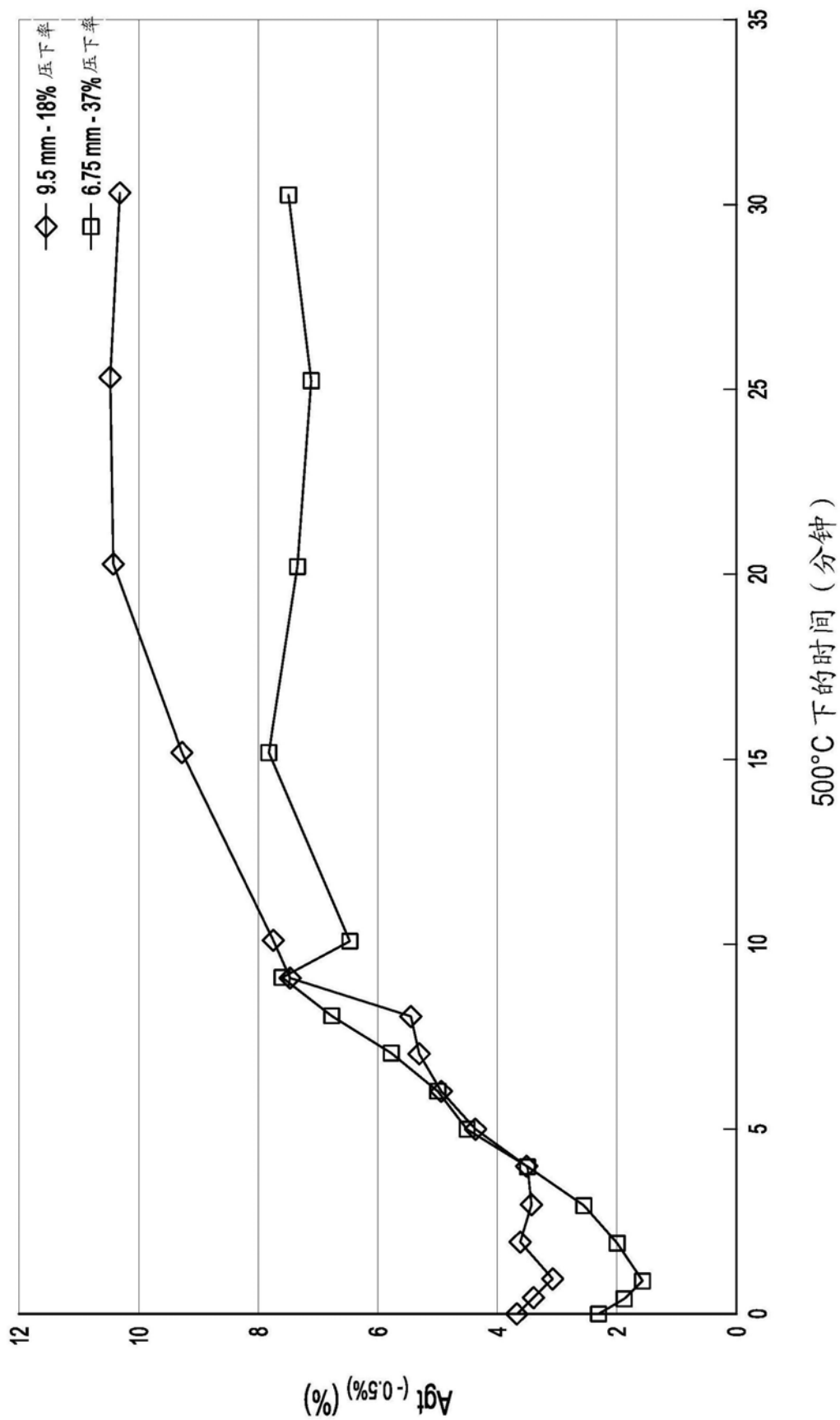


图26

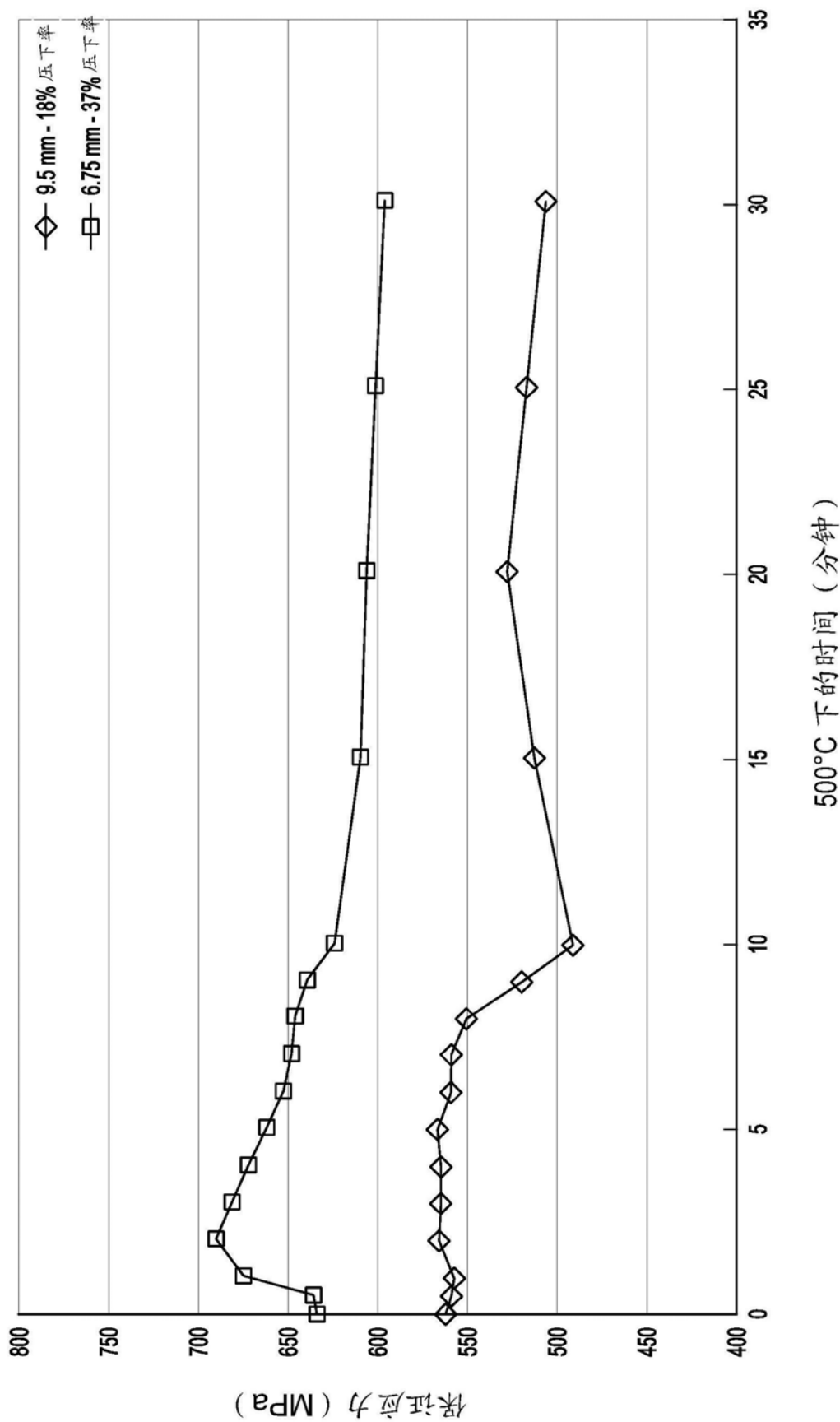


图27

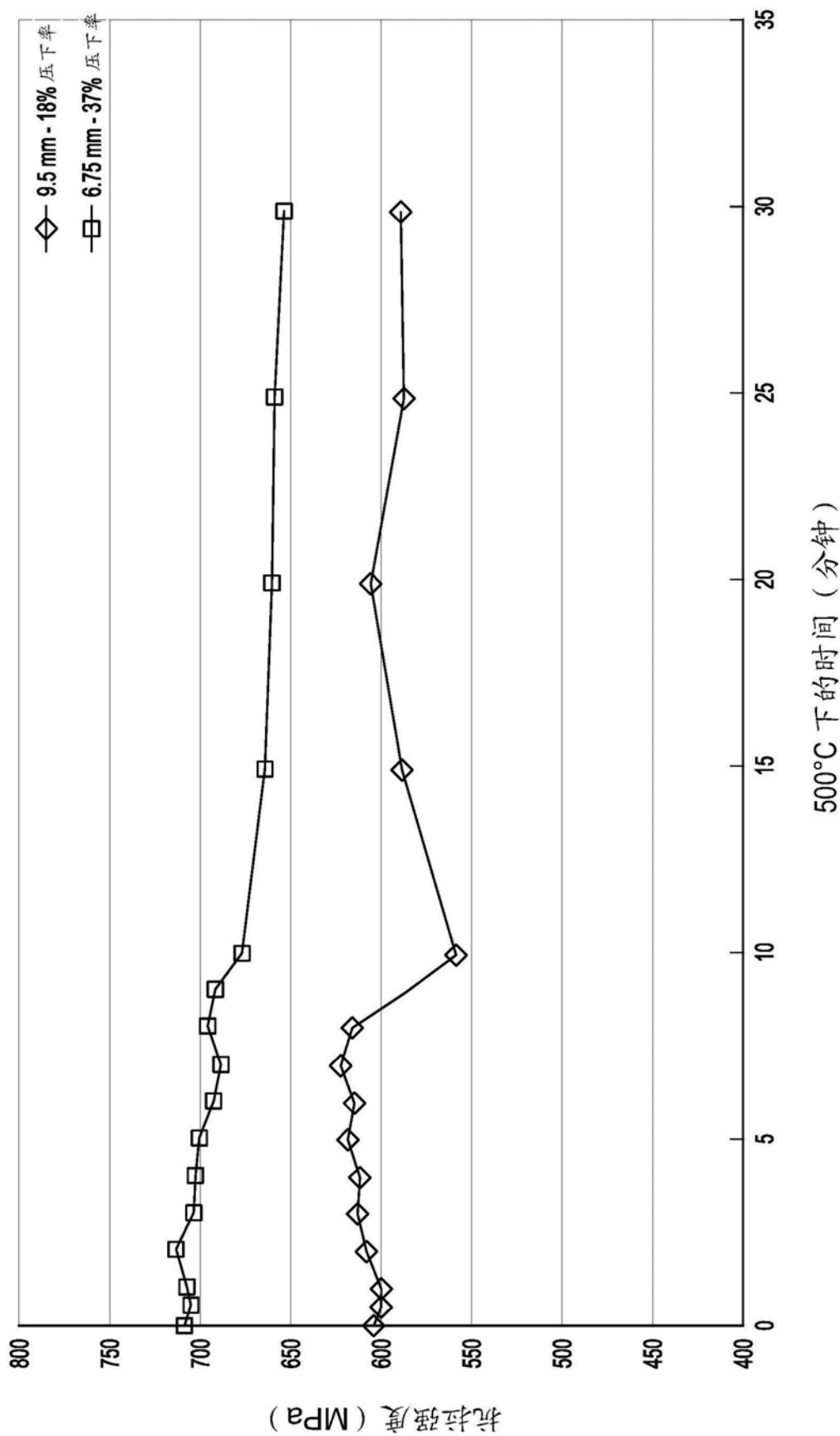


图28

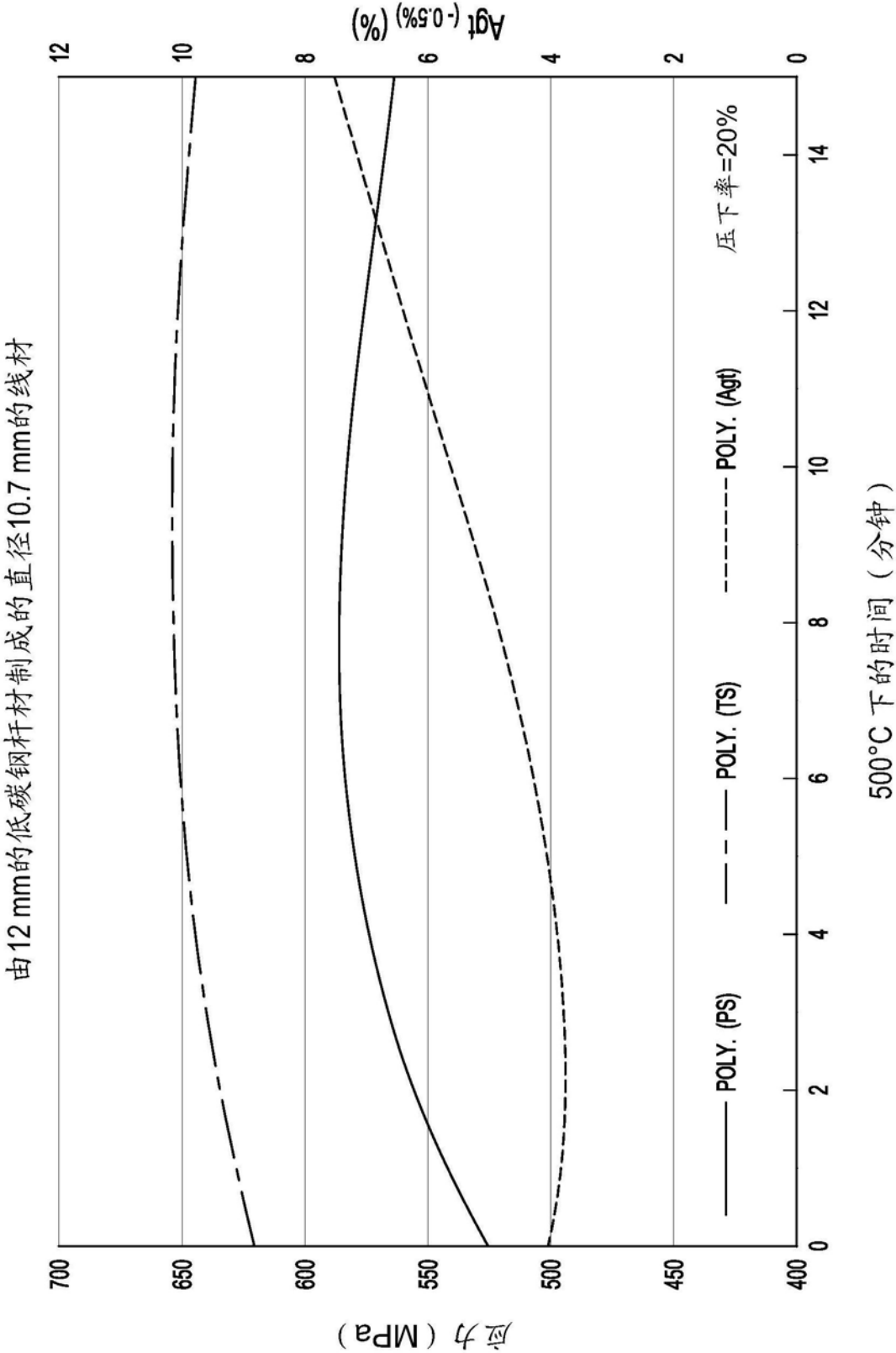


图29

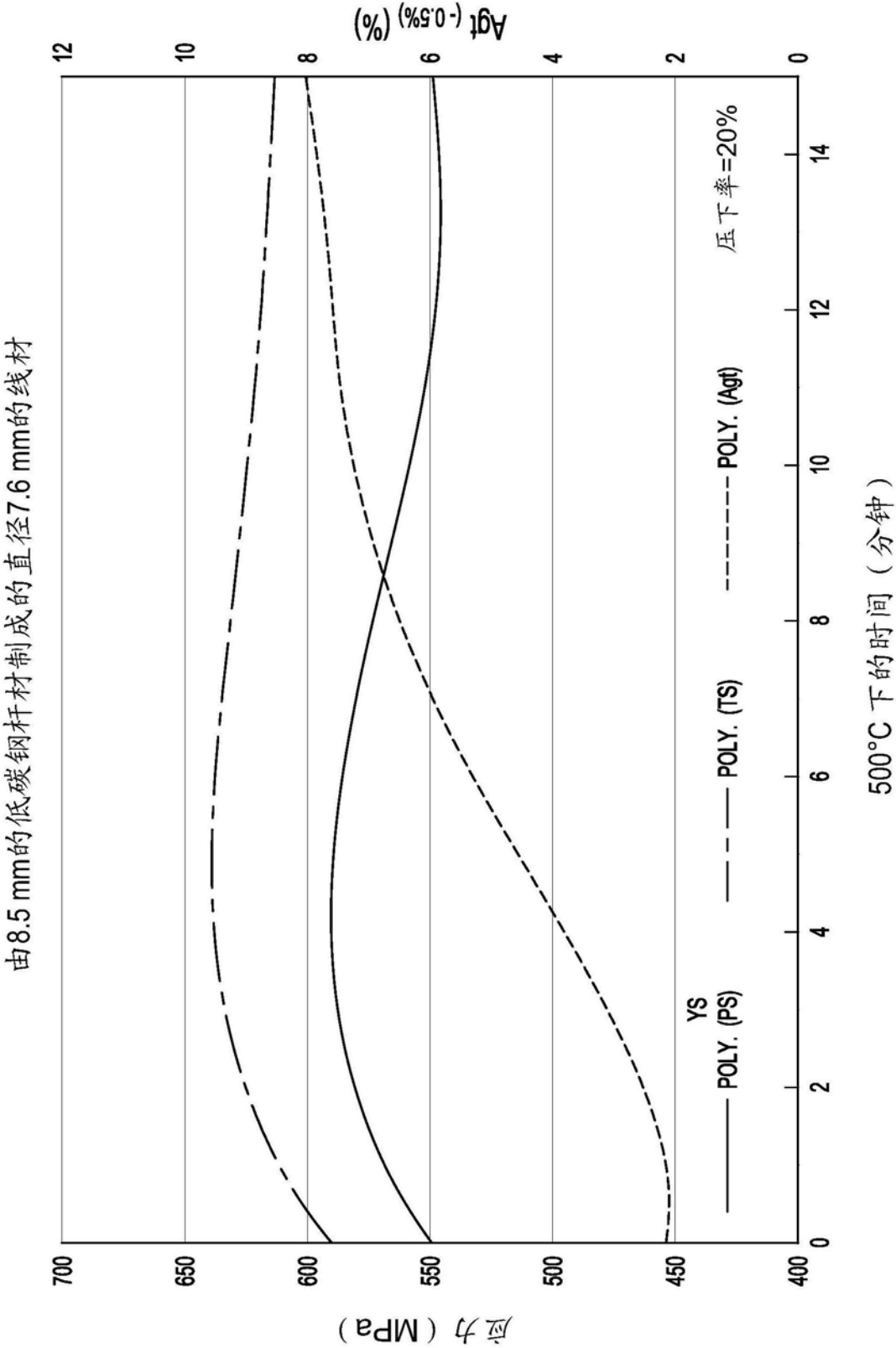


图30

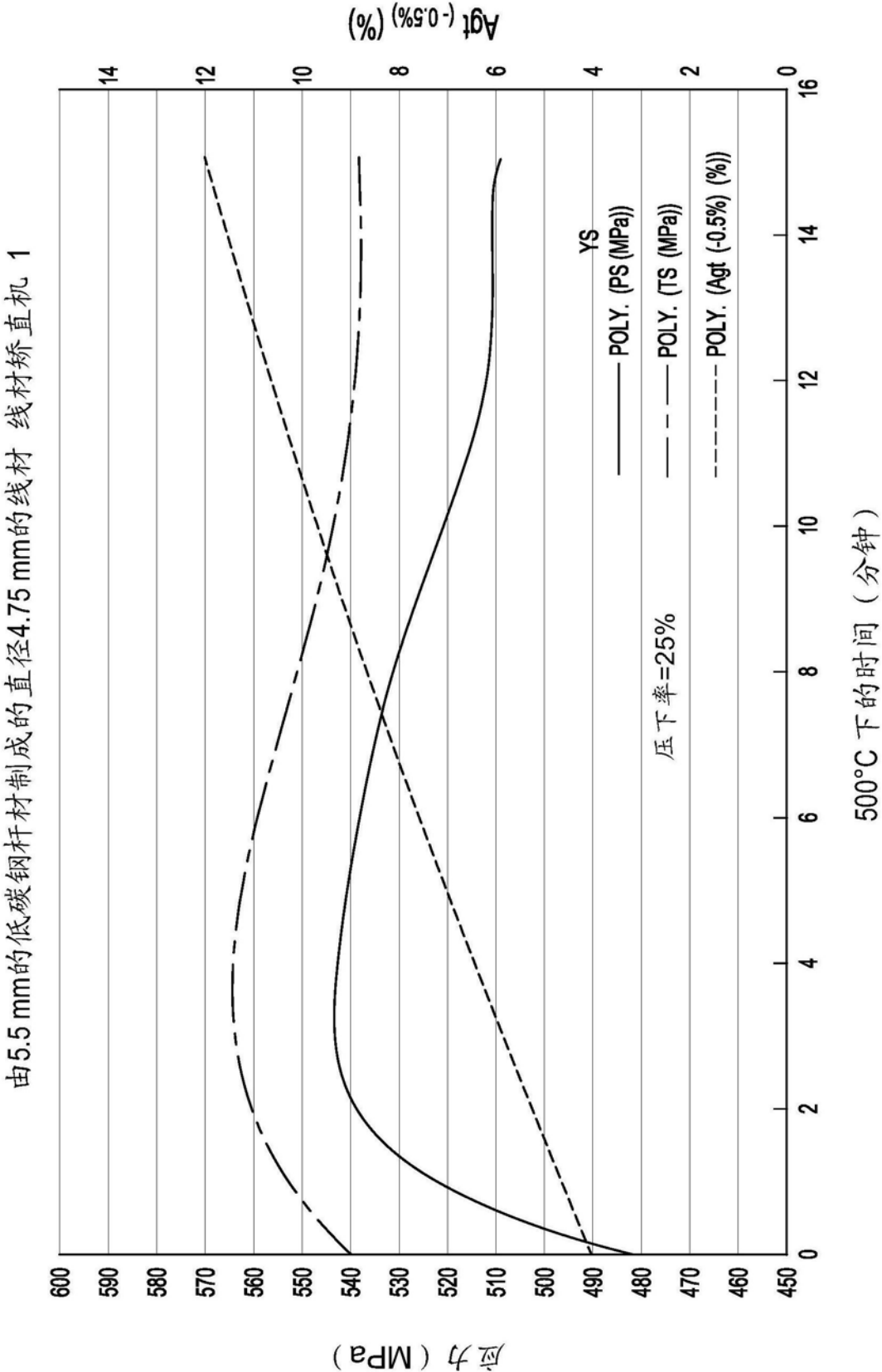


图31

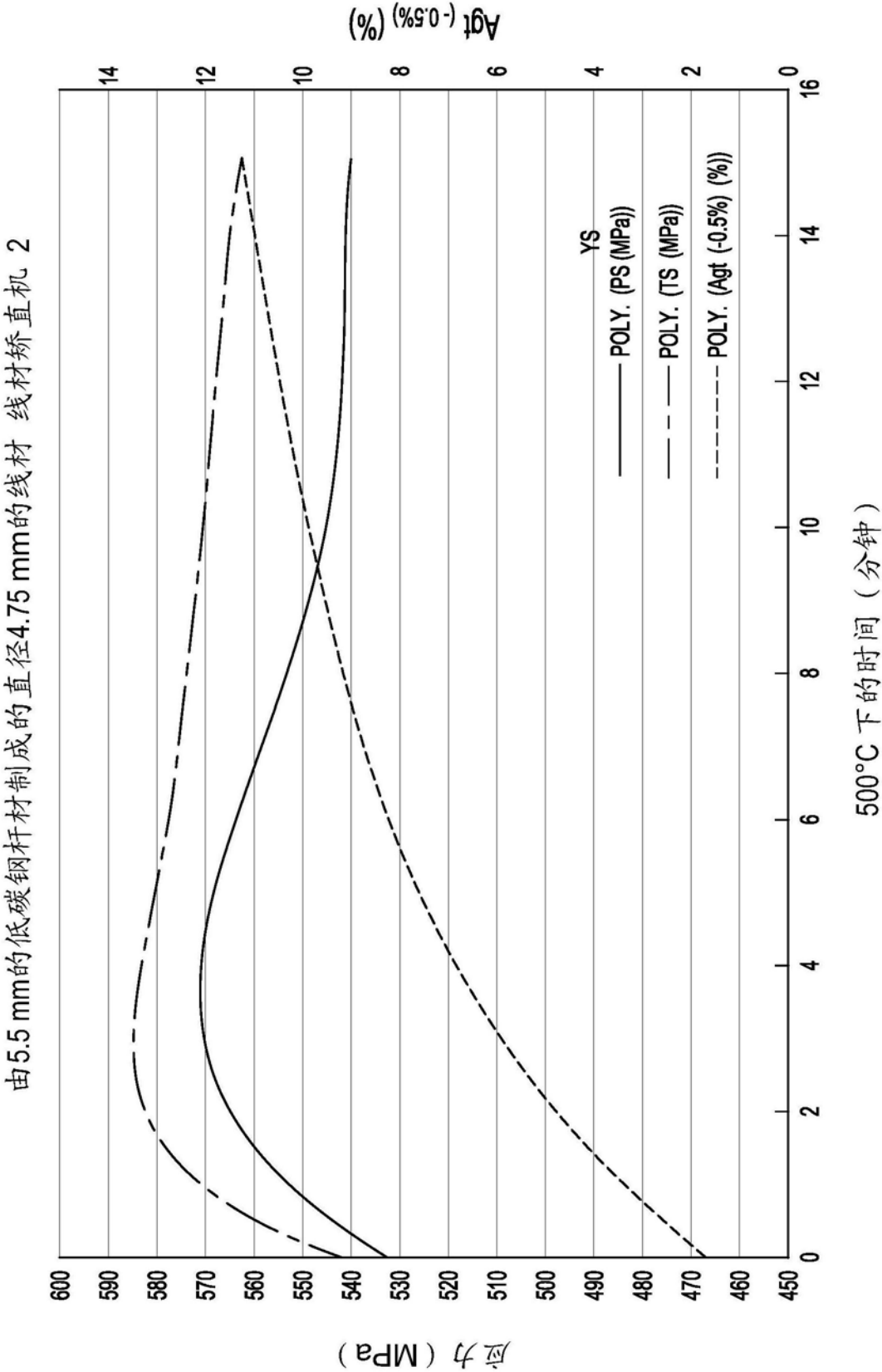


图32



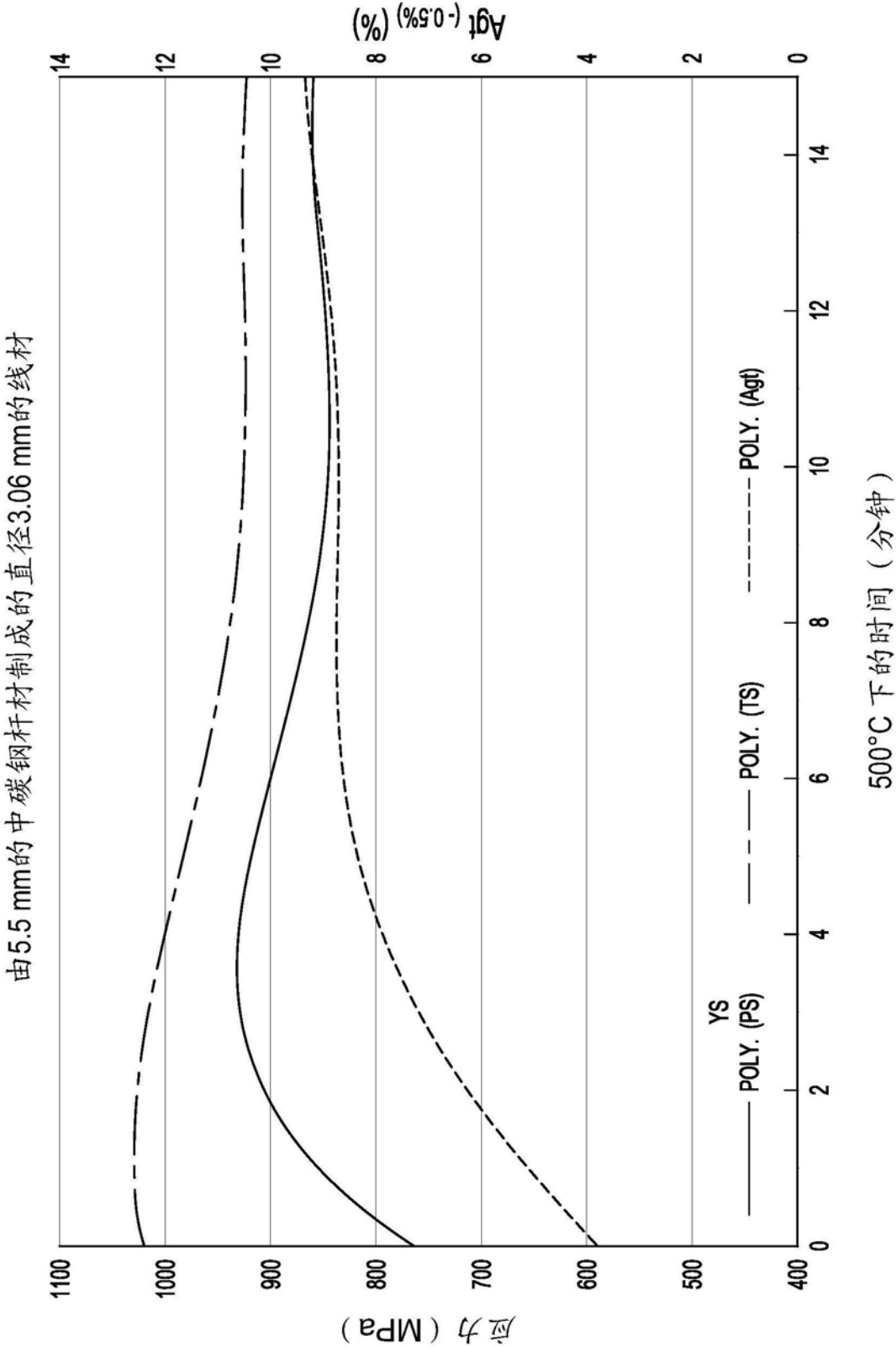


图33