

# 先进高强度钢的工模具解决方案





# 目录

1	简介.....	4
1.1	关于 SSAB 瑞典钢铁集团.....	6
1.1.1	概括介绍.....	6
1.1.2	先进高强度钢及其优点.....	6
1.2	关于一胜百.....	7
1.2.1	概括介绍.....	7
1.2.2	一胜百的汽车用工模具钢.....	7
2	钢板和工模具钢.....	8
2.1	先进高强度钢.....	8
2.1.1	微合金钢.....	9
2.1.2	贝氏体钢.....	9
2.1.3	双相钢.....	9
2.1.4	复相钢.....	9
2.1.5	辊压成形钢.....	9
2.1.6	马氏体钢.....	9
2.1.7	供应规格.....	9
2.2	工模具钢.....	9
2.2.1	成形和冲裁工序的特性.....	9
2.2.2	传统冶金技术.....	11
2.2.3	电渣重熔冶金技术.....	11
2.2.4	粉末冶金技术.....	11
3	工模具钢选择指南.....	12
3.1	概述.....	12
3.2	成形工序.....	14
3.2.1	概括介绍.....	14
3.2.2	折弯.....	14
3.2.3	辊压成形.....	14
3.2.4	冲压.....	14
3.2.5	翻孔.....	14
3.2.6	模具负载与咬合的 FEM 分析.....	15
3.2.7	成形应用中的工模具钢选择和表面处理.....	16
3.3	冲裁工序.....	18
3.3.1	概括介绍.....	18
3.3.2	落料与冲孔.....	18
3.3.3	切边与剪切.....	24
3.3.4	冲裁应用中的工模具钢选择和表面处理.....	26
3.4	应用实例.....	31
3.4.1	门槛加强板.....	31
3.4.2	B柱加强板.....	32
3.4.3	轿车保险杠.....	33
3.4.4	拖钩支架.....	33
4	润滑.....	34
4.1	成形工序.....	34
4.2	冲裁工序.....	34
4.2.1	Domex MC 系列.....	34
4.2.2	Docol DP/DL、LA和ROLL系列.....	34
4.2.3	Dogal DP/CP、LAD和ROLL系列.....	34
4.2.4	Docol M 和 M+ZE系列.....	34
5	模具的经济性.....	35
6	技术支持.....	36
6.1	助您一臂之力的技术专家.....	36
6.2	为分析工作提供支持的先进资源.....	36
6.3	课程与技术研讨.....	36
6.4	手册.....	37
6.5	试制材料.....	37
6.6	产品信息.....	37
6.7	认证.....	37

# 1. 简介

现代汽车设计中，使用了越来越多的先进高强度钢，对冲压模具的工模具钢，提出了更高的要求。在本出版物中，包括了以下先进高强度钢类型：

- 微合金钢
- 贝氏体钢
- 双相钢
- 复相钢
- 辊压成形钢
- 马氏体钢

使用先进高强度钢具有极大的环保优势。若在生产汽车零部件时减轻重量，则会降低原材料的使用和能源的消耗。同时，在轻量化汽车使用期间能耗也会减少。而且钢又可以完全回收利用。

在一些应用中，选择先进高强度钢可以避免零件制造过程中使用高能耗的回火炉（如热成形工艺），从而避免由此引发的对环境的破坏。

欧洲汽车行业组织已经达成协议，到2012年底要实现更低的二氧化碳排放标准。达到这一目标的一个方案就是降低汽车重量。但另一方面，对汽车不断增长的安全性要求迫使在车身的關鍵安全部件中使用更高强度的材料。

对于这两个有些矛盾的目标的解决方案就是在车身中使用先进的高强度钢。更高强度的材料使得零件的强度增加，而且使用较少的材料也可取得理想的局部强度。

不仅汽车行业通过在其产品中使用先进高强度钢而获益，还有许多工业产品可以通过在其设计中使用先进高强度钢来减轻重量和增强产品耐久性。这些因素对于环境以及降低产品整体成本来说都是有益的。







使用先进高强度钢可能需要更大的力度来对钢板进行冲裁和成形。因此，我们必然需要更高硬度和延展性的工模具钢。先进高强度钢目前的形势和未来发展，促使我们进一步发展工模具钢特性以符合期望的要求。

这是SSAB瑞典钢铁集团和Uddeholm工具钢有限公司两个行业巨头决定联合开发更完善和完美的产品，用于今天以及未来高科技冷作应用中的主要原因。

本出版物旨在提供选择指南，使设计工程师和材料专家能够找到先进高强度钢成形和落料/冲孔的最佳模具解决方案。

本指南反映SSAB瑞典钢铁集团和Uddeholm工具钢有限公司在此样本出版之时联合研发的最新成果和最佳工作实践。其中的信息是两家公司长期全面研究和测试以及与诸多顶级客户紧密合作的结果。

SSAB 瑞典钢铁集团和Uddeholm工具钢有限公司的主要目标是提供详实的信息，从而使客户能够针对特定产品设计选择最佳的先进高强度钢和工模具钢组合。

我们要感谢瑞典Olofstöm的Finnveden Metal Structures公司和西班牙Barcelona的Essa Palau公司，让我们有机会在本出版物中提供应用实例。

## 1.1 关于SSAB瑞典钢铁集团

### 1.1.1 概括介绍

SSAB瑞典钢铁集团是斯堪的纳维亚半岛最大的钢铁生产商和当今世界上最成功的先进高强度钢制造商之一。公司的产品销售遍布全球100多个国家/地区，并在超过45个国家/地区设有代表机构。

SSAB的Domex（热轧钢）、Docol（冷轧钢）和Dogal（热镀锌钢）产品均是世界知名品牌，因质量上乘而享有盛誉。应用这些先进高强度钢可以使得零件更轻，强度更高。新产品可以从一开始就进行恰当的设计，以获得更好的性能和经济效益。我们的客户包括知名的原始设备生产商（OEM），许多对质量要求苛刻的行业，包括汽车、拖车、翻斗车、起重机、集装箱和农业机械等。

集团的钢铁业务下辖三个部门：中薄钢板产品部（中心位于Borlänge和Luleå）、厚钢板产品部（Oxelösund）和北美产品部，以及两个子公司：Plannja从事产品深加工，Tibnor是集团的贸易公司。

SSAB瑞典钢铁集团目前拥有大约9200名员工，年营业额约550亿瑞典克朗（约合54亿欧元）。

### 1.1.2 SSAB 的先进高强度钢及其在汽车行业的优势

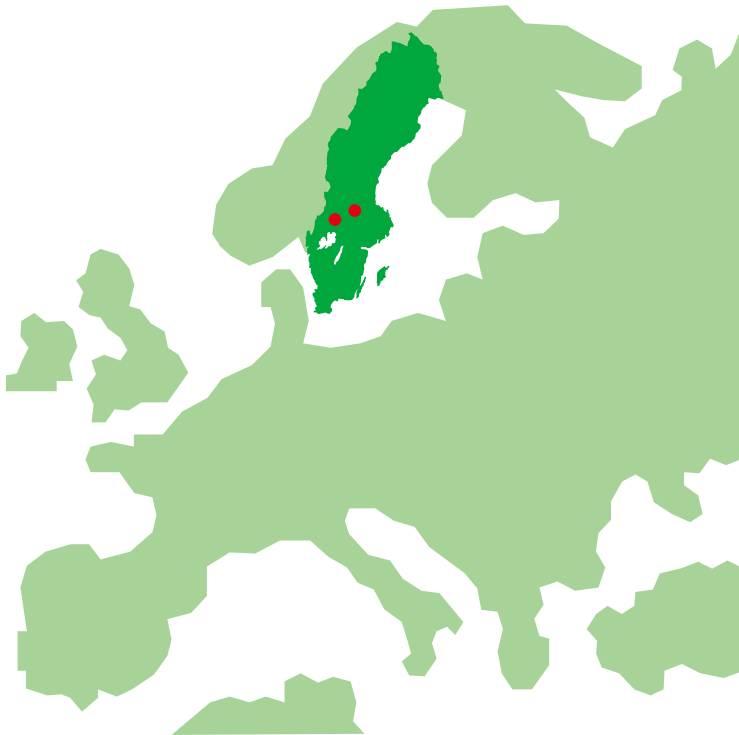
现在，人们对于汽车的安全性、舒适性及耗油量等要求越来越高。日益增长的安全和环保要求推动了这一趋势。利用SSAB的先进高强度钢可以使结构重量更轻、碰撞安全性更高、成本效益更佳。

SSAB瑞典钢铁集团从具体应用的产品开发阶段开始，就为其汽车行业客户提供支持，从而提高客户的竞争优势和赢利能力。例如，通过使用SSAB的最高强度钢牌号之一替代软钢，有望实现安全部件减重高达50%。

针对最新应用开发和改进先进高强度钢产品，加之为设计、材料成形和连接建立新的方法，是SSAB研发计划的核心内容。

SSAB将大量投资用于先进生产工艺以保证高位品质。所有钢产品的生产过程实现了参数设置的稳定，从而确保尺寸、公差和内部性能的一致性。这一质量等级不仅降低了废品率，同时也确保从生产到客户的连续性。

中薄钢板产品系列的厚度范围为0.4mm-16mm，最大宽度为1600 mm。



## 1.2 关于一胜百

### 1.2.1 概括介绍

Uddeholm工模具钢有限公司 (Uddeholm Tooling) 是世界主要的模具材料和相关服务供应商。一胜百 (ASSAB) 是其在亚太地区唯一的全资销售子公司。自 1668 伊始, Uddeholm工模具钢有限公司 (Uddeholm Tooling)就秉承了瑞钢的专业知识、创新精神和高位品质。我们为全球 100多个左右国家/地区的 100,000客户生产和提供瑞钢高品质的工模具钢。

为改进和方便我们日常生活而开发的数百万种产品都是用 Uddeholm 工模具钢制造的模具生产的。汽车、计算机、医疗设备和手机等,所有这些发明都源于用工模具钢制造的模具。

我们所有 Uddeholm 品牌的制造、研发和总部都在瑞典的哈格福什(Hagfors),公司自成立就一直位居此地。在Uddeholm,我们对于公司所在地都感到非常骄傲,而且希望我们的后代也能享受同样的骄傲和美景。

我们的全球性思维意味着,只要你需要我们,无论何时何地,我们就会在你身边。我们在每个大洲都设有代表机构,保证你可以在世界上的任何一个地方都可享受同样的高位品质。这也让我们在竞争中领先了一步。

不断成长、非常重要的亚洲市场和其它新兴市场由一胜百 (ASSAB) 提供服务,它是我们的全资子公司,在亚洲、非洲和南美提供专业化的销售服务和售后服务。

### 1.2.2 一胜百的汽车工业用工模具钢产品

全球的汽车行业是Uddeholm工模具钢有限公司 (Uddeholm Tooling)最重要的客户群之一。

Uddeholm工模具钢有限公司(Uddeholm Tooling)针对汽车行业推出的系列产品,可以满足汽车原始设备生产商(OEM)提出的更短交货期的要求。这一系列产品的主要优点:优化的总体经济效益、更少的停工时间、更短的交货期。它应用在以下领域:

- 在冷作领域,已开发出了新一代汽车冲压模具铸钢和工模具钢。
- 在热作领域, Uddeholm工模具钢有限公司 (Uddeholm Tooling)特别关注中长寿命的压铸模生产。
- 在注塑应用领域,作为高品质注塑钢的主要开发商,它可以使模具使用寿命和性能最大化,并极大提高生产力和节省模具总成本。

Uddeholm工模具钢有限公司(Uddeholm Tooling)是一家全球性的公司。在我们针对原始设备生产商 (OEM)的产品解决方案中,我们专注于专业化的产品和服务。我们传达给原始设备生产商(OEM)的信息是,我们有最好的产品,只要他们决定打造自己的模具或生产自己的产品,我们就可以在技术和商业上为他们提供支持。

这意味着,我们出售的不只是一块板料,而是一个完整的全套的产品解决方案,包括热处理、机加工和焊接服务。

## 2. 钢板和工模具钢

### 2.1 先进高强度钢

SSAB 瑞典钢铁集团提供的先进高强度钢的供货状态包括冷轧、热轧、热镀锌和电镀锌产品。先进高强度钢用于：

- 汽车上的安全部件
- 拖车
- 翻斗车
- 座椅部件
- 集装箱
- 起重机
- 火车
- 各种管材应用，如家具、自行车和童车等。

决定使用何种类型的先进高强度钢取决于几个参数。最重要的参数涉及到部件的几何形状以及成形和落料方法的选择。表2-1中列出了 SSAB瑞典钢铁集团生产的一些先进高强度钢牌号。

SSAB瑞典钢铁集团的产品说明书和[www.ssab.com](http://www.ssab.com)网站提供了有关这些钢牌号使用和加工处理的更多信息。

钢种	热轧钢	冷轧钢	热镀锌钢	电镀锌钢
微合金钢	Domex 460 MC Domex 500 MC Domex 550 MC Domex 600 MC Domex 650 MC Domex 700 MC Domex Wear	Docol 500 LA	Dogal 460 LAD Dogal 500 LAD	
贝氏体钢	Domex 900 <sup>1)</sup> Domex 960 <sup>1)</sup>			
双相钢		Docol 500 DP Docol 500 DL Docol 600 DP Docol 600 DL Docol 800 DP Docol 800 DL Docol 1000 DP	Dogal 500 DP  Dogal 600 DP  Dogal 800 DP Dogal 800 DPX Dogal 1000 DPX	Docol 1000 DPZE
复相钢			Dogal 600 CP Dogal 780 CP	
辊压成形钢		Docol Roll 800 Docol Roll 1000	Dogal Roll 800 Dogal Roll 1000	
马氏体钢	Domex1200 <sup>2)</sup>	Docol 1200 M Docol 1400 M Docol 1500 M <sup>1)</sup> Docol Wear 450		Docol 1200 MZE Docol 1400 MZE <sup>1)</sup> Docol 1500 MZE <sup>2)</sup>

表 2-1. 先进高强度钢

<sup>1)</sup> 按需求生产

<sup>2)</sup> 开发中



### 2.1.1 微合金钢

微合金冷成形钢的高强度来自于添加的少量微合金成分如铌和钛。根据最低保证屈服强度来认定这些钢的等级。其屈服强度与抗拉强度之间的差异非常小。相对于其高屈服强度来说，这些钢牌号具有极好的折弯性能、冲压成形和翻边性能。可焊性也很好。

### 2.1.2 贝氏体钢

贝氏体钢以热轧材料形式出现。此类型的钢板为热轧机械轧制。钢牌号中的数字标明了最小屈服强度。

### 2.1.3 双相钢

冷成形双相钢的微观结构由两部分组成：铁素体和马氏体。铁素体为软质相，有助于实现良好的可成形性。马氏体为硬质相，有助于提高材料的强度。随着硬质相马氏体的比例增加，强度也会增加。根据用途的不同，可以供应不同屈强比 (YS/TS) 的双相钢。钢牌号中的数字标明了最小抗拉强度。双相钢易于冲切和成形，可以使用传统焊接方法进行焊接。

### 2.1.4 复相钢

复相钢的微观结构为在铁素体/贝氏体矩阵中包含少量的马氏体、残余奥氏体和珠光体。复相钢具有如下特点：高屈服强度、中等应变硬化性以及良好的折弯和翻边性能。钢牌号中的数字标明了最小抗拉强度。复相钢可供应热镀锌牌号。

### 2.1.5 辊压成形钢

辊压成形钢以冷轧和热浸镀锌产品的形式出现。这一钢种主要针对以辊压作为成形方法的应用而设计。辊压成形钢具有如下特点：高屈强比(YS/TS)、高内部纯净度和硬度分布均匀的微观结构。这些特点使零件扭曲和弯曲的风险最小，而且可以辊压成形为极小的折弯半径。

### 2.1.6 马氏体钢

马氏体钢包含 100% 的马氏体。马氏体钢具有很高的屈服和抗拉强度。对于热轧材料，钢牌号中的数字标明了最小屈服强度；对于冷轧材料，钢牌号中的数字标明了最小抗拉强度。

### 2.1.7 供应规格

厚度：	Docol	0.50-2.10 mm
	Dogal	0.50-2.00 mm
	Domex	2.00-12.00 mm
最大宽度：	Docol	1500 mm
	Dogal	1500 mm
	Domex	1600 mm

实际最大宽度取决于钢牌号和厚度。

## 2.2 工模具钢

### 2.2.1 成形和冲切工序的特点

冷作钢应用中所使用模具的典型要求是高硬度。这是因为要成形的板料通常是较硬的。因此，只有较高模具硬度才能防止塑性变形和/或严重磨损。

硬度高的负面后果是模具材料更脆。

冷作应用的工模具钢需要高耐磨性、足够的抗压强度、韧性/延展性等，详述如下：

- 高耐磨性可以延长模具寿命，减少模具维护的停工次数/时间。
- 足够的抗压强度可以避免模具在使用中表面的塑性变形。
- 足够的韧性/延展性可以避免模具过早开裂和崩刃。

高耐磨性不只是一个硬度问题。通常，冷作应用的工模具钢等级还包含硬质碳化物，增强了耐磨性。这些碳化物是碳和合金元素的化合物，合金元素如铬、钒、钼或钨等。一般说来，碳化物在工模具钢基体中分布的越多、越大和越硬，工模具钢所取得的耐磨性就越强。但是，硬度高造成的一个负面结果是，材料比较易发脆。

大的碳化物通常是造成疲劳失效的诱因，绝大多数模具断裂失效是疲劳裂纹所导致的。

当材料受到交替/脉冲的负载时，会产生疲劳裂纹，疲劳裂纹可分为裂纹萌生阶段和裂纹扩展阶段。裂纹萌生通常发生在凹痕处，应力集中会在局部放大应力。硬度越高，应力集中就会越有效。高硬度的典型情况还表现在，只要裂纹一萌生，整个模具开裂的速度就会变得非常快。

一般来说，冷作应用的困难，特别是在冲切硬板料时，在于必须最大限度减少萌生裂纹的瑕疵。这必须在

保持耐磨性的情况下完成，它需要在工模具钢高硬度基体中含有高硬度的硬质相。

萌生裂纹的瑕疵（如微小缺口等）不一定是由于碳化物的缘故，大的夹渣、模具表面的瑕疵或高硬度基体中尖锐角转角可能也是疲劳负载时的裂纹萌生源。基于这一原因，冶金工艺的纯净度以及模具或模具设计的表面光洁度将会极大影响到模具性能。表 2-2 显示了适合冷作应用的 Uddeholm Tooling 工模具钢产品系列。

Uddeholm 钢牌号	冶金类型	钢等级 Uddeholm AISI/W-Nr.	化学成分（重量 %）						
			% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% W	% V
Carmo granshots	铸钢	A2/1.2363	0.60	0.35	0.80	5.30	-	-	0.20
XW-42 granshots	铸钢	D2/1.2379	1.55	0.30	0.40	11.80	0.80	-	0.80
Assab 88 granshots	铸钢	-	0.90	0.90	0.50	7.80	2.50	0.50	-
Caldie granshots	铸钢	D6/(1.2436)	0.70	0.20	0.50	5.00	2.30	-	0.50
XW-10	传统	-	1.00	0.30	0.80	5.30	1.10	-	0.20
ASSAB88	传统	-	0.90	0.90	0.50	7.80	2.50	0.50	-
XW-42	传统	D2/1.2379	1.55	0.30	0.40	11.80	0.80	-	0.80
XW-5	传统	-	2.05	0.30	0.80	12.70	-	1.10	-
Calmax	传统	-	0.60	0.35	0.80	5.30	-	-	0.20
Unimax	电渣重熔	-	0.50	0.20	0.50	5.00	2.30	-	0.50
Caldie	电渣重熔	-	0.70	0.20	0.50	5.00	2.30	-	0.50
Vanadis 4 Extra	粉末冶金		1.40	0.40	0.40	4.70	3.50	-	3.70
Vanadis 6	粉末冶金		2.10	1.00	0.40	6.80	1.50	-	5.40
Vanadis 10	粉末冶金		2.90	1.00	0.50	8.00	1.50	-	9.80
Vanadis 23	粉末冶金	M 3:2 PM	1.28	0.50	0.30	4.20	5.00	6.40	3.10
Vancron 40	粉末冶金		3.00 <sup>1)</sup>	0.50	0.40	4.50	3.20	3.70	8.50

<sup>1)</sup> %(C+N)

表 2-2. 适合冷作业应用的 Uddeholm 工具钢产品系列。

### 2.2.2 传统冶金技术

制造传统的高合金工模具钢时，使用大块钢锭意味着钢熔化速度会极慢。这就促使人们开发网状碳化物。轧制或锻造之后，这些网状碳化物会在模具材料中造成粗碳化物条纹。这些碳化物条纹有助于提高耐磨性，但对模具材料的机械强度有负面影响，特别是在疲劳负载时。

为降低网状碳化物的负面影响，必须平衡各种化学成分以减少，甚至避免粗网状碳化物，同时通过更大的材料基体硬度补偿耐磨性的损失。

另外一种方法是，开发一种可以提供少量、分布合理之碳化物的冶金工艺，即可使得对疲劳强度的负面影响减少，同时又能防止模具材料的磨损。

与传统冶金技术相比较，Uddeholm工模具钢有限公司 (Uddeholm Tooling)使用两种冶金工艺，以改变这种状况。它们是：

- 电渣重熔 (ESR)
- 粉末冶金技术 (PM)

下面介绍这两种冶金工艺。

### 2.2.3 电渣重熔冶金技术

电渣重熔是有名的冶金工艺，传统生产的钢锭以较少的钢熔化量连续重熔。与较大钢熔化量相比，这一较少钢熔化量凝固速度要快许多，这就使得凝固后碳化物生长的时间更短。重熔工艺使钢的均一性增加，而所有碳化物的尺寸减少。该工序还包括一个电渣过滤层，可以提高钢的纯净度。

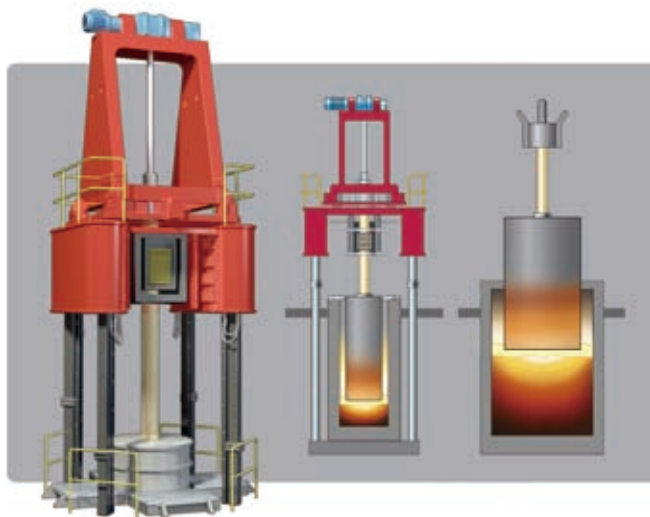


图 2-1. 电渣重熔冶金技术。

### 2.2.4 粉末冶金技术

在粉末冶金工艺中，使用氮气将熔化的钢液雾化成小滴或颗粒。所有这些小液滴都会快速凝固，只有极少的时间供碳化物生长。这些粉末颗粒在高温高压下在热等压设备中被压缩成新的钢锭。随后使用传统方法将钢锭轧制或锻造成钢坯。形成的结构为微小碳化物颗粒均匀分布的完全各向同性钢，不会成为新的裂纹萌生源，却可防止模具磨损。

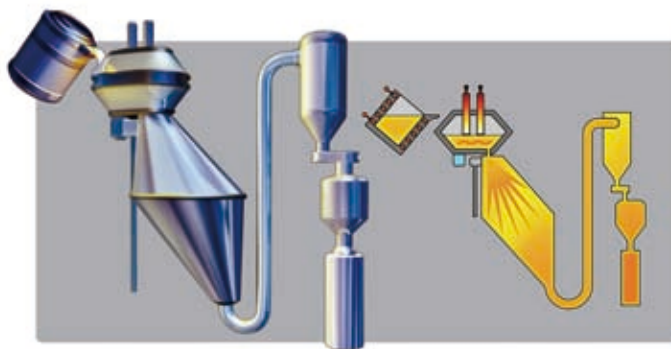


图 2-2. 粉末冶金技术

大的夹渣物反而会成为裂纹萌生源。因此，粉末冶金工艺已分阶段进行了改进，以提高钢的纯净度。Uddeholm 今天的粉末钢是第三代。

它被认为是市场上最纯净的粉末冶金工模具钢产品。

## 3. 工模具钢选择指南

### 3.1 概述

如所有工业制造工艺一样，在钣金零件成形和冲切工艺中，生产无故障进行是非常重要的。图 3-1 中显示了从模具设计到模具维护的整个链条（包括许多不同的步骤）。

了从模具设计到模具维护的整个链条（包括许多不同的步骤）。

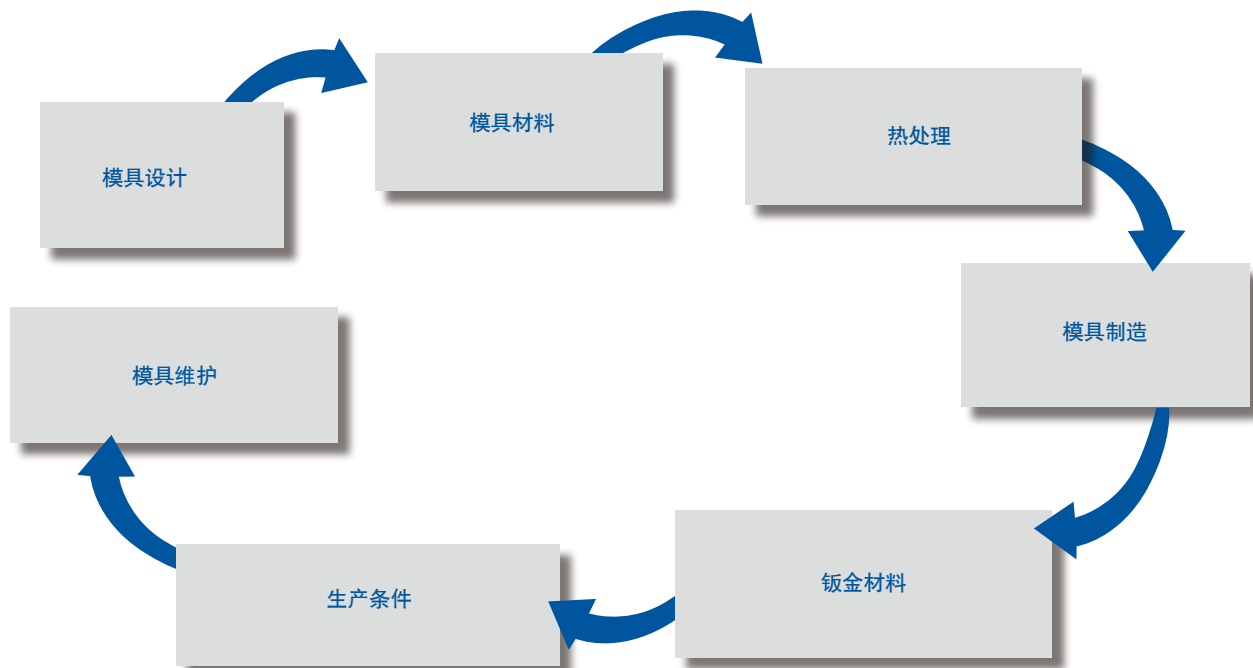


图 3-1. 从模具设计到模具维护的工序步骤

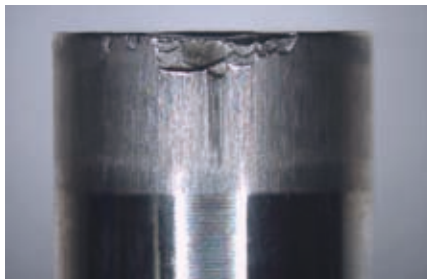
要取得良好的生产率和模具经济效益，必须选择正确的工模具钢并且正确执行链条中的所有步骤。

要选择适合自己应用的正确工模具钢，找出可能导致过早模具失效的机理是非常必要的。在成形和冲切工艺中，共有五个主要失效机理：

- 磨损（磨粒磨损或粘着磨损），与工艺、板料、以及模具和板料之间的滑动接触产生的摩擦力相关。
- 塑性变形，当工作应力超过模具材料抗压强度（硬度）时会出现。
- 崩刃，是与模具材料的疲劳强度相比，高工作应力的结果。
- 开裂，是与模具材料的断裂韧性相比，高工作应力的结果。
- 粘着，是在高摩擦力作用下，滑动接触和板料粘着特性而造成的结果。机理与粘着磨损密切相关。



磨损  
(磨粒磨损或粘着磨损)



崩刃



粘着



塑性变形、崩刃和开裂是自发产生的失效，会造成严重和成本高昂的生产混乱。必须尽可能地避免它们。磨损和粘着是比较可预测的，在一定程度上，可以通过模具维护安排来应对。其结果就是，允许更多的模具磨损，而避免崩刃和裂纹情况，是比较值得的。

成形时必须超过钢板的屈服强度，冲切时必须超过板料的剪切强度。这意味着，在先进高强度钢板的成形和冲切工艺中，执行工艺需要的力量大于相同厚度的较软钢板。

同样，对模具材料的耐磨性和机械强度的要求会增加。冲切工艺要求更为精密一些，因为它需要高耐磨性、高抗粘着性、高抗压强度、高抗崩刃和高抗整体开裂性能的结合。另一方面，成形工艺与高耐磨性、抗粘着性和抗压强度的关系更密切些。

另外，必须改变模具间隙。当落料/冲孔抗拉强度1200-1400 MPa的板料时，冲裁力会产生冲击波，形成的毛刺也不同。另见图 3-13。高强度钢成形也意味着可成形性的降低、回弹性和起皱趋势的升高。模具环境也相应变得更复杂，对于这些先进高强度钢材料的要求也更苛刻。

如果选择的工模具钢不恰当，对于较高强度等级钢板的成形和冲切工艺会造成模具表面的快速退化或模具的裂纹。这意味着，工模具钢的选择和先进高强度钢成形和冲切工艺的涂层工序不应基于过去对较软板料所取得的经验。而应使用最新的技术创新来优化生产经济效益。

在表3-1中，显示了针对先进高强度钢应用的Uddeholm Tooling 产品系列的抗不同类型模具失效机理之功效对比。

Uddeholm 钢等级	抗磨粒磨损性能	抗粘着磨损性能	抗裂纹性		抗塑性变形性
			崩刃	整体破损	
Rigor	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
ASSAB88	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
XW-42	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Calmax	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Unimax	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Caldie	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Vanadis 4 Extra	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Vanadis 6	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Vanadis 10	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Vanadis 23	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Vancron 40	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>

表 3-1. 针对先进高强度钢之建议工模具钢在冷作应用中，抗不同类型模具损坏的功效对比。

## 3.2 成形工序

### 3.2.1 概括介绍

SSAB 先进高强度钢具有很好的可成形性，不管其强度多高，都可以使用传统方式成形。虽然其成形性比软钢较差，但是通过修改部件的设计或成形工序，这一差距几乎都可以得到补偿。在模具设计中适当增大圆角有助于材料流入模具，同时配合优化的板料外形尺寸，可以帮助先进高强度钢更容易成形。图 3-2 中显示了将这些设计问题考虑进去时的一个很好实例，它表明使用 Docol 1200 M 可以冷冲压一个非常复杂的零件。先进高强度钢的可成形性和软钢的比较，见图 3-3。



图 3-2. SUV 汽车的蓄电池舱，用 Docol 1200M 冲压



图 3-3. 拉深和拉伸成形的最大拉深杯高度和杯突高度。  
钢牌号（从左到右）：DC06, Docol 600DP, Docol 800DP, Docol 1000DP, Docol 1200M 和 Docol 1400M

高强度钢的回弹现象大于较软材料。有几种补偿方法，例如：

- 过弯
- 增加压边力
- 采用整形工艺
- 采用拉伸筋
- 在零件的平面和折弯圆角处增加筋
- 优化板料毛坯形状

在 3-2 节中，我们将讨论折弯、辊压成形、冲压和扩孔翻边等成形工艺，以及使用有限元方法 (FEM) 分析模具负载和粘着。同时，我们也给出了表面处理和工模具钢选择方面的建议。

### 3.2.2 折弯

在折弯软钢时，工件折弯圆角内径主要由凹模开口宽度，而非凸模圆角半径决定。与之相反，高强度材料由凸模圆角半径决定，工件折弯圆角内径与凹模开口宽度没有多大相关性。因此，高强度钢可以使用较大凹模开口宽度，这不影响需要的工件折弯圆角内径。当凹模开口宽度增加时，折弯力以及模具磨损都会减小。

在将软钢转换成高强度钢时，板料厚度通常会减少。因此，折弯力可能保持不变，这是由于减小的厚度通常抵消了增加的强度。

### 3.2.3 辊压成形

先进高强度钢非常适合于辊压成形。试验显示，与传统辊压成形相比，使用先进高强度钢可以获得极小的折弯半径。

### 3.2.4 冲压

冲压力随着板料强度增加而增加。一般来说，高强度材料需要较高的压边力来防止起皱。模具中局部的高表面压力对于模具材料和模具表面性能提出很高要求（另见 3.1 节「概述」）。

### 3.2.5 扩孔翻边

高强度钢板的扩孔翻边能力比软钢差。因此，尽可能优化工序就变得更加重要，例如，选取翻边方向的相反方向冲裁孔。这样毛刺就位于承受拉应力最小的孔内侧。在冲孔之前预成形是取得更高翻边高度的另一种方法。



图 3-4. 复杂的冲压模具

### 3.2.6 模具负载与粘着的 FEM 分析

使用有限元方法 (FEM) 的数值模拟可以为选择工模具钢提供极大的帮助。工模具钢选择的一个重要问题是，在板料成形中如何避免出现粘着，因为粘着通常是高强度板料成形中主要的破坏方式。粘着的主要原因是凹模和板料之间有 too 高的接触压强。有限元方法可以用来计算特定模具和板料组合的接触压强。图3-5a显示了一个成功应用的模拟实例。此工件的成形涉及2mm DOCOL 800 DP的U型弯曲。结果显示，对于此板料和模具材料组合，不出现粘着的压强极限为1200 MPa。

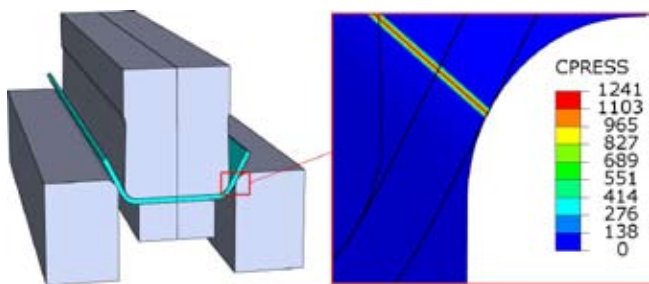


图 3-5a. 采用DOCOL 800 DP的U型弯曲工件应用有限元模拟计算出的凹模压强分布(MPa)

选择正确的工模具钢和表面处理可以提高抗粘着的压强极限，从而允许成形更高强度的板料和/或更苛刻的几何形状。高氮合金PM工模具钢 Uddeholm Vancron 40具有比传统工模具钢更高的抗粘着性能。在模具中使用Vancron 40材料时，成形DOMEX 700 MC和DOCOL 800 DP时的接触压强极限大约1600 MPa。根据经验法则，将 Vancron 40用作工模具钢材料时，不出现粘着的极限压强约为板料屈服强度的2.6 倍，但使用传统工模具钢材料（如 AISI D2）时，该极限压强仅为板料屈服强度的1.2倍。此经验法则适用于成形强度最高达

DOCOL 800 DP 的板料，因为如果高出此强度，温度将会升高，润滑油膜将无法承受如此高的压强。基于目前掌握的知识，图 3-5b中列出了建议使用 Uddeholm Vancron 40的条件。

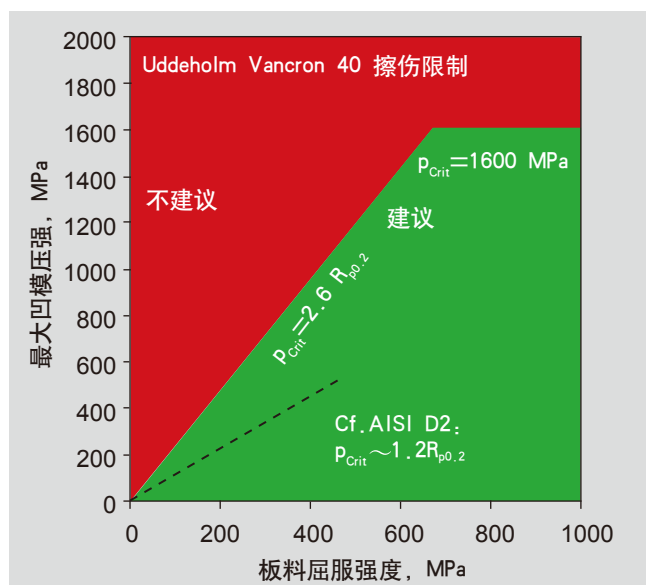


图 3-5b. 使用无涂层Uddeholm Vancron 40成形碳钢的条件。此建议基于应用测试和FEM 模拟。

为进行对比，图中包括了使用无涂层AISI D2工模具钢时出现粘着的大约条件。

影响抗粘着压强极限的其它重要因素是：润滑剂的选择，模具的表面粗糙度，以及滑动速度。提到以上因素的一个原因是，它们都会影响温度，应使温度尽可能低才能避免粘着。

极限压强可以与FEM模拟相配合来预测该工件（具有特定几何形状）在冲压过程中产生的接触压强是否足够低，以便可以采用传统工模具钢，或者该压强较高，导致必须使用更优质的工模具钢，如Vancron 40。然而，如果凹模表面处理非常差，即使模拟预测到的压强足够低，也不能保证一定成功。另一方面，如果预测的接触压强正好略高于极限压强，那么通过增加润滑、进一步降低表面粗糙度或降低成形速度就足以防止粘着。

### 3.2.7 成形中的工模具钢选择和表面处理

在成形应用中，粘着、磨粒磨损和塑性变形是最常见的失效机理。成形先进高强度钢（或高强度的更厚板料）意味着，更高的屈服强度需要更高的成形压力。

未来将需要具有更好抗粘着性能的成形模具，因为更多高强度板料的使用、更高的冲压速度、工序更少的级进冲模的使用，以及更环保（但通常效果更差）润滑剂的使用是大势所趋。表面处理，如成形模具上的 PVD、CVD 和 TD 涂层是防止粘着的有效方法。工模具钢的选择和成形先进高强度钢板所必需的涂层工序主要取决于：

- 钢板的强度
- 钢板的厚度
- 钢板本身是否有涂层
- 成形工序的复杂程度
- 生产的零件数

目前，成形先进高强度钢的经验还非常有限。但是，对于 2 mm Docol/Dogal 600 DP- 1000 DP 的一些初步测试给出了以下结果：

- 模具硬度  
模具硬度须大于 58-59 HRC 才能抵制磨损、粘着和塑性变形。
- 模具表面粗糙度  
使用中的模具表面应具备良好的表面光洁度 ( $Ra \leq 0.2 \mu m$ )。
- 无涂层传统工模具钢  
这些工模具钢不能满足无涂层板料的冲压模具要求。但是，它们可能适合简单的成形工序，以及强度较低、厚度较薄的高强度钢板。
- 等离子渗氮传统工模具钢  
在氮化层的分隔下，这些工模具钢没有表现出长生产周期下足够的抗粘着性能。但是，它们可能适合比较简单的成形工序，以及强度较低、厚度较薄的高强度钢板。

#### • PVD 涂层模具

PVD 涂层（如 CrN 或 TiAlN）结合具有足够高硬度 ( $> 58 \text{ HRC}$ ) 的工模具钢基体是避免粘着的一个解决方案。

#### • CVD 或 TD 涂层模具

CVD 或 TD 涂层也可以避免粘着。

#### • Vancron 40 成形模具

Uddeholm Vancron 40 是一种氮合金、高性能 PM 钢，它显示了极好的模具应用测试结果。利用 Uddeholm Vancron 40 制造的成形模具（表面抛光  $Ra \leq 0.2 \mu m$ ）通常比普通带涂层模具表现得更好。

表 3-2a 概括列出了成形先进高强度钢所适合的工模具钢。表数据基于目前经验，但仍会继续进行测试，表数据会定期更新。所提及的工模具钢牌号可以用于单个整体模具，或者与基座模具结合作为镶件的材料使用，具体情况视模具的尺寸和成形的难度而定。

如上所述，有时需要表面处理或表面涂层才能获得良好的模具性能。这表示涂层在承担防磨损的作用（Uddeholm Vancron 40 除外）。工模具钢作为涂层的附着基体。对于基体材料的主要要求是，支持极脆的涂层，即在模具投入使用时，基体材料必须具有足够的抗压强度和硬度。另外，涂层工序后模具的尺寸变化必须是微不足道的或可预测的，以满足模具公差。最后，基体材料必须承受高应力水平下的交变载荷，即需要高的疲劳极限。

为给寿命要求不同的工模具钢选择提供一些指南，表 3-2b 中列出了不带涂层和带涂层的实际工模具钢牌号的相对排序。如果是离子渗氮情况，则其中一个因素是延展性严重退化。针对实际牌号进行了渗氮至  $50 \mu m$  硬化层深度后的延展性对比。由于使用的 Uddeholm Vancron 40 未做任何表面处理，因此，它显示了其优于所有其它牌号的绝佳性能。



板料强度 Rm (MPa)	工模具钢牌号 Uddeholm / AISI / W. -Nr.	表面处理/涂层		基体硬度 (HRC)
		类型	寿命要求	
350-570	Carmo Granshots	渗氮	中短期	> 56
	Caldie Granshots	PVD/CVD	中短期	
	ASSAB88 Granshots	PVD/CVD	中短期	
	XW-42/D2/1.2379	PVD/CVD	中长期	
	Caldie	PVD/CVD	中长期	
	ASSAB88	PVD/CVD	长期	
	Vanadis 4 Extra	PVD/CVD	—	
	Vancron 40	不需要涂层		
570-800	Caldie Granshots	PVD/CVD	中短期	> 60
	ASSAB88 Granshots	PVD/CVD	中短期	
	XW-42/D2/1.2379	PVD/CVD	中期	
	Caldie	PVD/CVD	全部	
	ASSAB88	PVD/CVD	全部	
	Vanadis 4 Extra	PVD/CVD	全部	
	Vancron 40	不需要涂层	—	
800-1400	Caldie	PVD/CVD	全部	> 60
	ASSAB88	PVD/CVD	全部	
	Vanadis 4 Extra	PVD/CVD	全部	
	Vancron 40	不需要涂层	—	

表 3-2a. 适用于成形先进高强度钢的工模具钢。

UDDEHOLM 工模具钢牌号	不带涂层					带涂层		离子渗氮
	耐磨性			其他失效:		基体材料属性		
	磨粒 磨损	粘着 磨损	咬合	崩刃/ 开裂	塑性 变形	疲劳 失效	热处理后的 尺寸稳定性	渗氮至50µm 深度后的延展性
Carmo Granshots	1	3	1	6	4	4	4	4
Caldie Granshots	2	5	1	7	5	7	6	4
ASSAB88 Granshots	4	5	2	4	8	2	3	3
Caldie	2	5	1	9	5	9	6	4
ASSAB88	4	5	2	4	8	3	3	3
XW-42	6	2	2	2	3	1	1	2
Vanadis 4 Extra	8	8	3	10	8	10	10	5
Vanadis 6	9	8	3	7	9	9	8	4
Vanadis 10	10	7	3	6	10	8	8	3
Vancron 40*)	6	10	10	6	9	9*)	10*)	10*)

\*) 不带表面处理的Uddeholm Vancron 40  
 表3-2b. 此表显示了带和不带表面涂层的实际工模具钢牌号的潜在性能相对等级。相对得分=1-10，其中10为最佳

### 3.3 冲切工序

#### 3.3.1 概括介绍

在不同情况下，就工模具钢选择给出一个结论性的建议，是比较困难的，因为即使不同工厂生产同一零件，但各工厂的生产条件也千差万别。最好的方法是根据以前使用相同或相似生产设备的生产过程中获得的经验来选择工模具钢。

对于先进高强度钢，目前取得的经验还很少。前面已经提到，不要根据以往使用AISI A2或D2等传统工模具钢加工软钢所取得的经验来选择加工先进高强度钢的工模具钢，这是非常重要的。记住，在对先进高强度钢进行冲切加工时，更适合使用新一代的工模具钢。

在冲切工艺中，主要失效机理通常是磨损、崩刃和粘着。这些失效机理受以下因素的影响：

- 生产材料的强度
- 生产材料的厚度
- 设计特征，如小圆角半径
- 生产零件的几何尺寸
- 生产的零件数

刀口必须具有足够的硬度才能防止冲切时的塑性变形。另外，还要特别注意刀口的表面质量，以防止由于崩刃或裂纹而造成的过早失效，还要注意防止粘着。

在以下3.3节中，将介绍冲裁工序，如落料、冲孔、切边和剪切。同时也给出了表面处理和工模具钢选择的建议。

#### 3.3.2 落料与冲孔

##### 3.3.2.1 冲切断面外观

常用的落料和冲孔方法，所产生的断面，由圆角带、光亮带、断裂带和毛刺组成。高强度钢的光亮带比软钢小。随着抗拉强度的增加，毛刺高度减小。

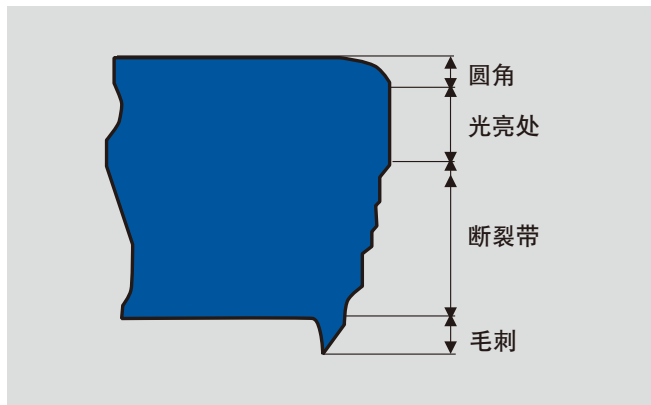


图 3-7. 冲切断面的外观。

为取得好的边缘，重要因素是模具的冲裁间隙。

3.3.2.2 节「模具冲裁间隙」中将介绍如何选择模具冲裁间隙。

##### 3.3.2.2 模具冲裁间隙

模具冲裁间隙是凸模与凹模之间的径向距离，见图 3-8。

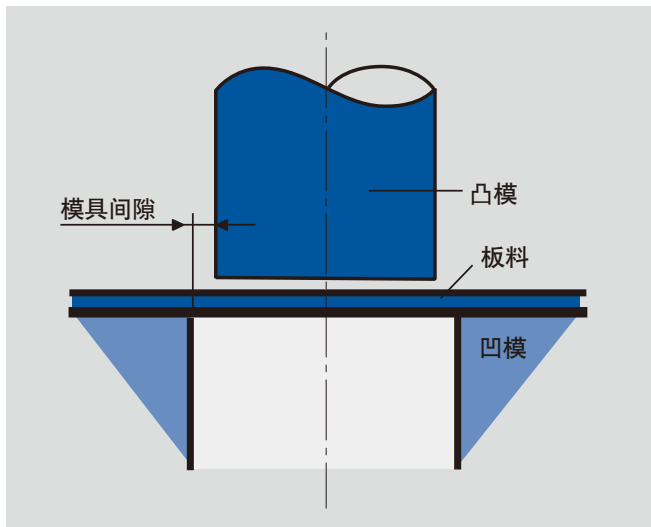
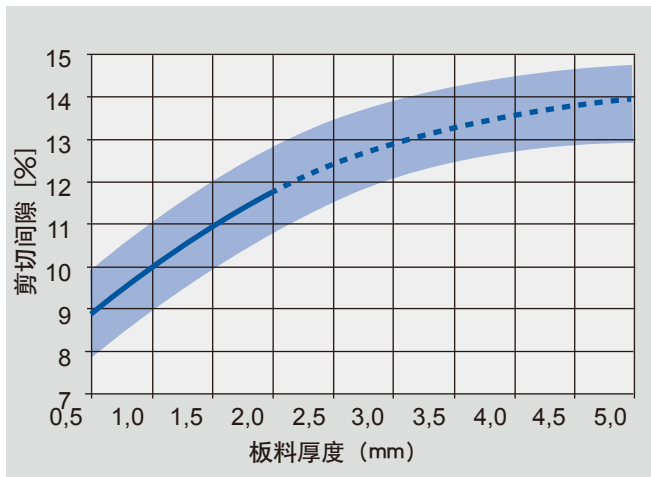


图 3-8. 模具冲裁间隙的定义

冲切断面通常由图 3-7 所示的四个部分组成。与软钢的落料/冲孔相比，先进高强度钢模具冲裁间隙的选择对模具寿命的影响更大。不过，冲裁先进高强度钢形成的毛刺比较小，改变模具冲裁间隙不会对毛刺有很大影响。圆角带和断裂带会随着模具冲裁间隙的增加而增加，但增加值小于软钢。图 3-9 显示了建议的落料和冲孔模具间隙。



在图3-9. 建议的先进高强度钢落料和冲孔模具间隙

在图3-10中，在Docol 1400M上冲孔，分别采用6%和14%的模具间隙看到的冲切断面。

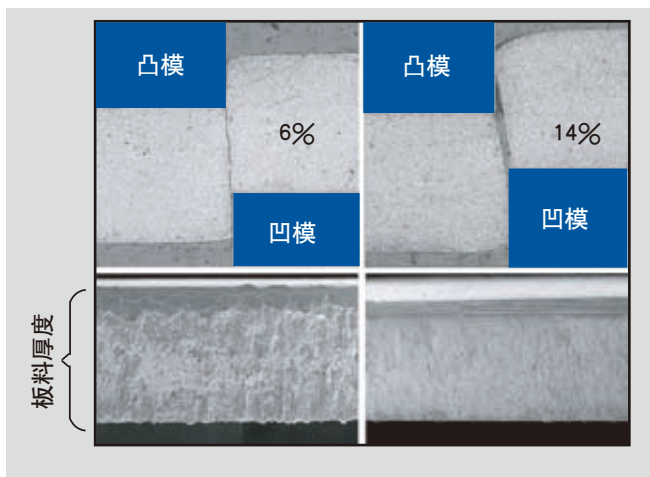


图 3-10.用不同模具间隙冲裁的冲切断面

一般来说，在对先进高强度钢进行落料和冲孔时，最好使用较大模具间隙。但是，对于强度最高的钢板，过大的模具间隙可能是一个缺点。我们将在后面介绍。

在对抗拉强度达到1000 MPa的板料进行落料/冲孔时，小的模具间隙在模具上留下大量的粘着痕迹。过大的间隙使模具磨损减少，但反过来在板件上产生更多的折弯或圆角，从而造成边缘质量下降。这就是为什么期望达到的工件边缘质量会影响模具间隙选择的原因。图3-11显示了模具磨损和模具间隙之间的关系。

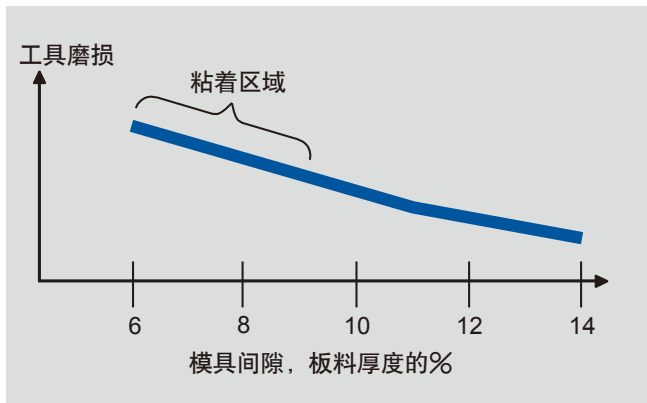


图 3-11. 冲裁Docol 800 DP (板料厚度=1mm) 时模具磨损和模具间隙之间的关系

在强度最高的材料上落料/冲孔时，过小的模具间隙也会在模具上留下一些粘着痕迹，但主要磨损机理为磨粒磨损。由于材料强度的原因，对于最大模具间隙是有限制的。过大的模具间隙会在凸模边缘产生高弯曲应力，这会增加崩刃风险，见图3-12。对于屈服强度与抗拉强度之间差异较小的板料（如马氏体钢 Docol M和 M+EZ 牌号），这尤其重要。

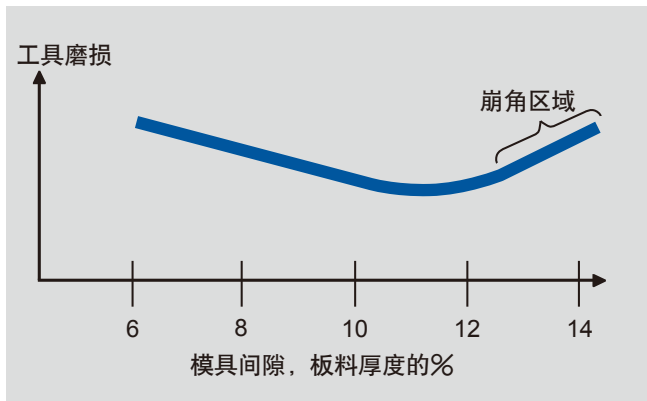


图 3-12. 冲裁Docol 1400M (板料厚度=1mm) 时模具磨损和模具间隙之间的关系。

#### 溃缩吸能盒

Docol/Dogal 500 LA/LAD  
600 DP-800 DP  
Uddeholm Vanadis 4 Extra  
Uddeholm Vanadis 6  
Uddeholm Sleipner  
Uddeholm Caldie  
Uddeholm Vancron 40

#### 前纵梁

Docol/Dogal  
600 DP-800 DP  
Uddeholm Vanadis 4 Extra  
Uddeholm Vanadis 6  
Uddeholm Sleipner  
Uddeholm Caldie  
Uddeholm Vancron 40

#### 前保险杠加强板

Docol 800 DP-1500 M  
Dogal 800 DP-1000 DPX  
Domex 600 MC-700 MC  
Docol/Dogal Roll 800-1000  
Uddeholm Vanadis 4 Extra  
Uddeholm Vanadis 6  
Uddeholm Caldie  
Uddeholm Vancron 40

#### 门防撞梁

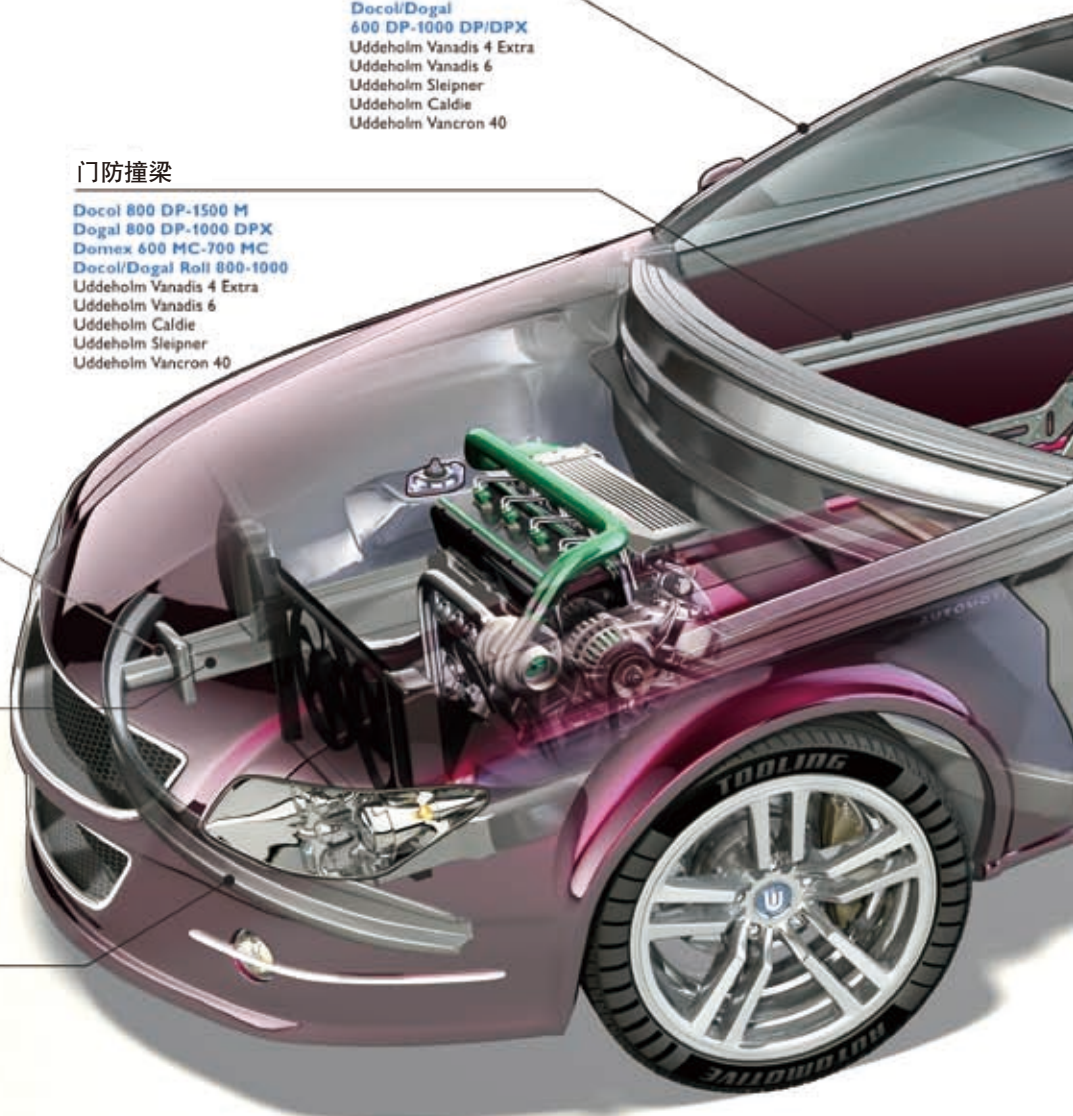
Docol 800 DP-1500 M  
Dogal 800 DP-1000 DPX  
Domex 600 MC-700 MC  
Docol/Dogal Roll 800-1000  
Uddeholm Vanadis 4 Extra  
Uddeholm Vanadis 6  
Uddeholm Caldie  
Uddeholm Sleipner  
Uddeholm Vancron 40

#### A 柱

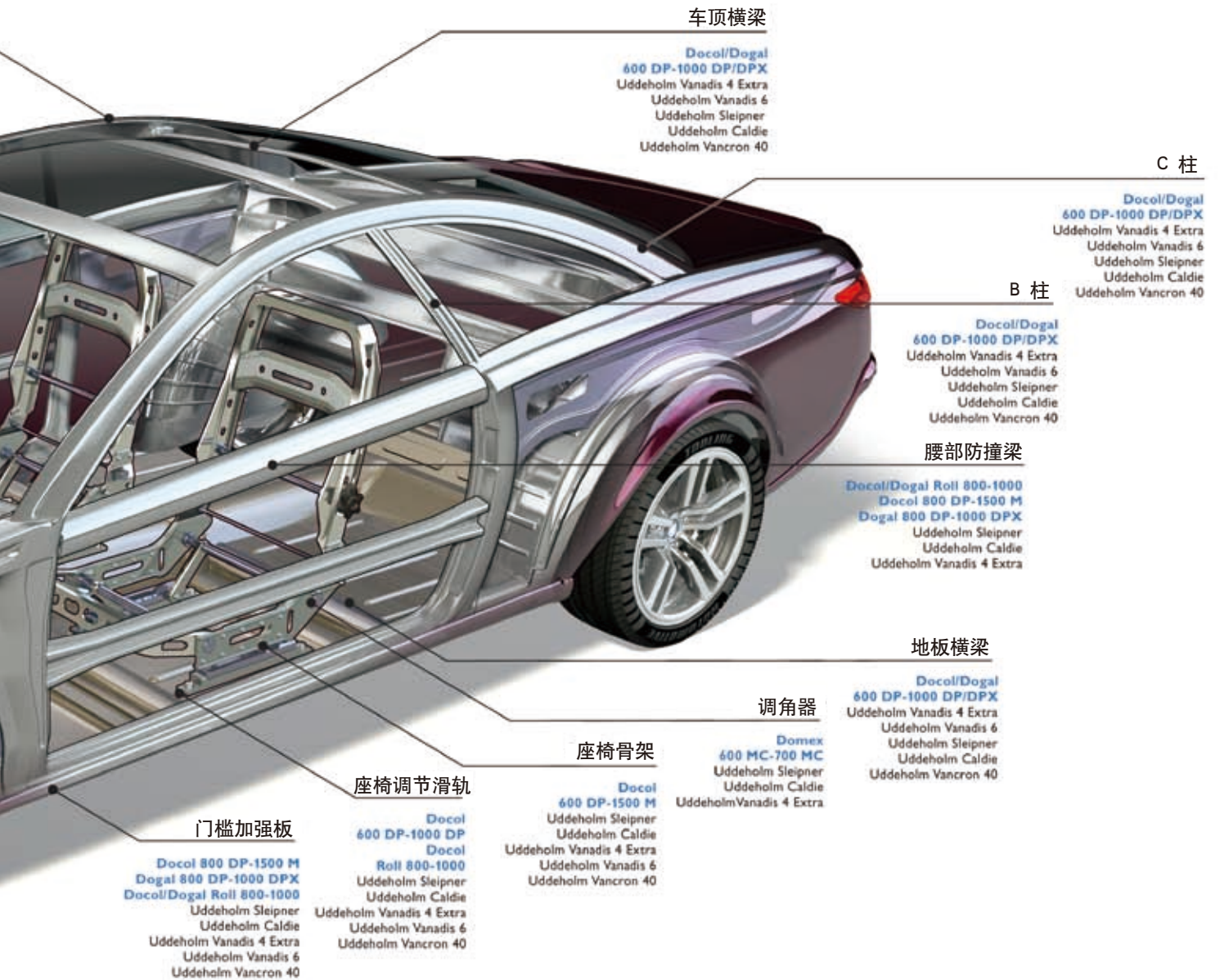
Docol/Dogal  
600 DP-1000 DP/DPX  
Uddeholm Vanadis 4 Extra  
Uddeholm Vanadis 6  
Uddeholm Sleipner  
Uddeholm Caldie  
Uddeholm Vancron 40

#### 侧围上部加强板

Docol/Dogal  
600 DP-1000 DP/DPX  
Uddeholm Vanadis 4 Extra  
Uddeholm Vanadis 6  
Uddeholm Sleipner  
Uddeholm Caldie  
Uddeholm Vancron 40







### 3.3.2.3 落料和冲孔力

需要的落料/冲孔力与钢板强度、钢板厚度以及落料和冲孔的线长度成正比。在图 3-13中，显示了在1mm厚的先进高强度钢板上用10%模具间隙冲孔 $\Phi 5\text{mm}$ 时的冲孔力变化。在对最硬的先进高强度钢进行落料/冲孔时，落料/冲孔力可能非常高。但是，减小板料厚度通常会抵消落料/冲孔力度的增加。

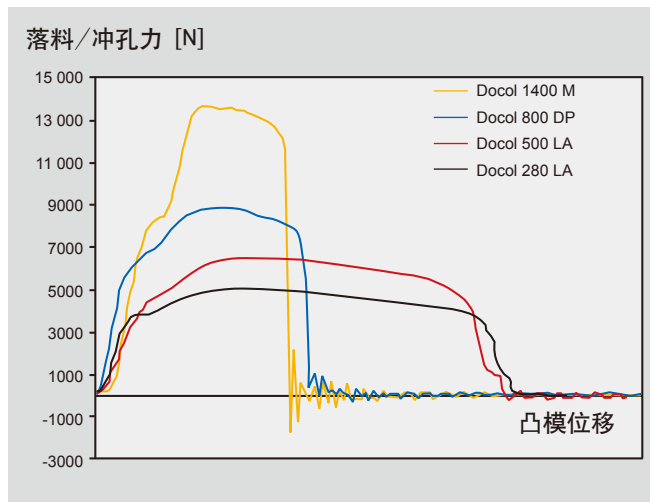


图 3-13. 对先进高强度钢进行冲孔时的冲裁力

在对全马氏体钢 Docol M和M+EZ牌号进行落料/冲孔时，力度较高，而板料延展性较低。这就意味着可能产生反冲或后坐力。实验中这种负面的极速变化的力的振幅被充分观察到了，如图3-13中所示。反作用力会对模具局部区域施加应力，并造成一段时间过后的疲劳裂纹。如图 3-14 中显示。为避免生产波动，应考虑高落料/冲孔力和尖锐的冲头圆角，以及模具的表面抛光状态对装置的影响。

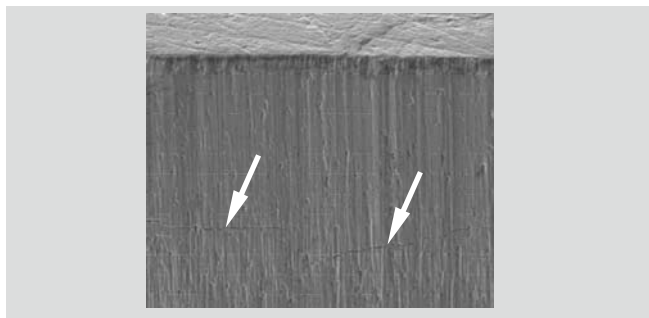


图 3-14. 疲劳裂纹

对强度较低的先进高强度钢进行落料/冲孔时，板料延展性较高，这会降低模具出现疲劳裂纹的现象。基于这一原因，在对强度最高的先进高强度钢进行落料/冲孔时，应重点关注产生的力，以及如何减小这些力。试验显示，模具间隙对落料/冲孔力的影响不大。但是，当模具冲裁间隙增大时，落料/冲孔力会有所减小。通常，当模具冲裁间隙增大时，可能会减小3-5%的落料/冲孔力。

### 3.3.2.4 减小落料/冲孔力

使用正确的落料/冲孔参数是非常重要的。3.3.2.2节“模具冲裁间隙”中介绍如何选择落料/冲孔时的模具冲裁间隙。为避免在一道工序中对多个孔同时落料/冲孔，凸模可以是不同的长度。这会减小所需的落料/冲孔力，否则，这种力度可能是非常大的。为冲头添加涂层不是减少落料/冲孔力的有效方式。相反，如图 3-19所示，落料/冲孔力可能会增加。带涂层凸模产生更高的落料/冲孔力是因为凸模末端表面和板料表面之间的摩擦力更小。摩擦力小使得板料更难萌生落料所需的起始裂纹，这会增加落料/冲孔力。落料/冲孔力增加会催生模具上的疲劳裂纹。当模具开始出现裂纹时，涂层会快速脱落。减小落料/冲孔力最有效的方式是给刀口倒角。

最佳办法是对称倒角，以免刀口上负载向一边倾斜。倒角也可以降低噪音。图 3-17 和 3-18 显示了给刀口倒角的不同方式。图 3-19 显示了如何使用对称倒角凸模减小落料/冲孔力。

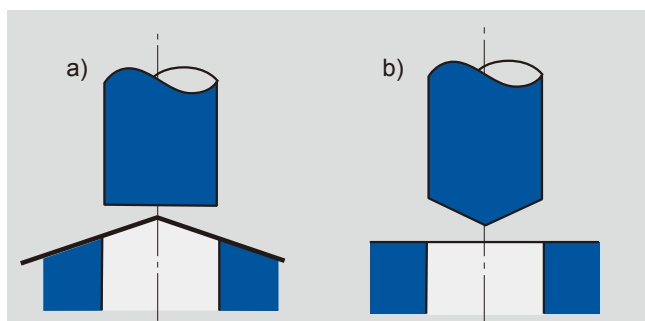


图 3-17. 用于 a) 落料和 b) 冲孔 的倒角刀口。

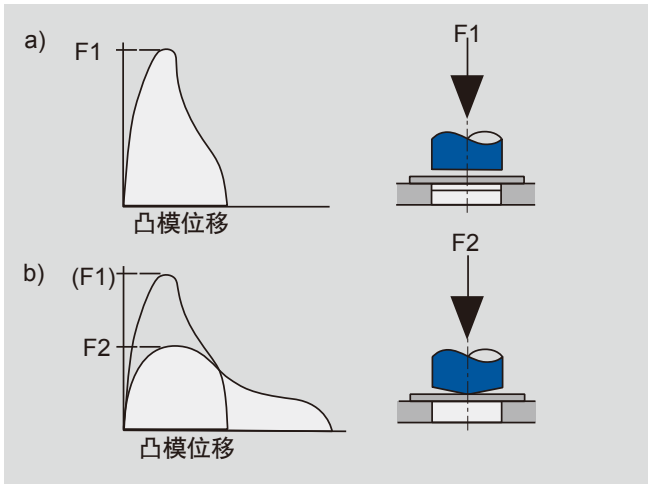


图 3-18. 落料/冲孔力随凸模位移量的变化关系 a) 平面凸模或 b) 倒角凸模。

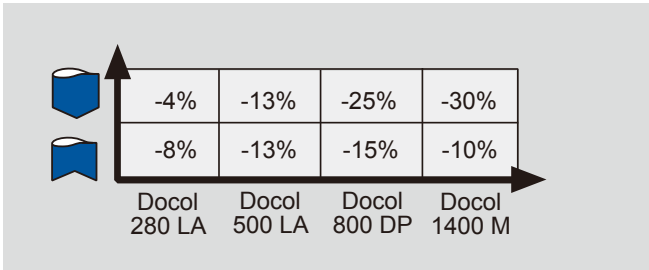


图 3-21. 不同类型凸模倒角（倒角高度为板料厚度的0.7 倍）落料/冲孔力减小的百分比

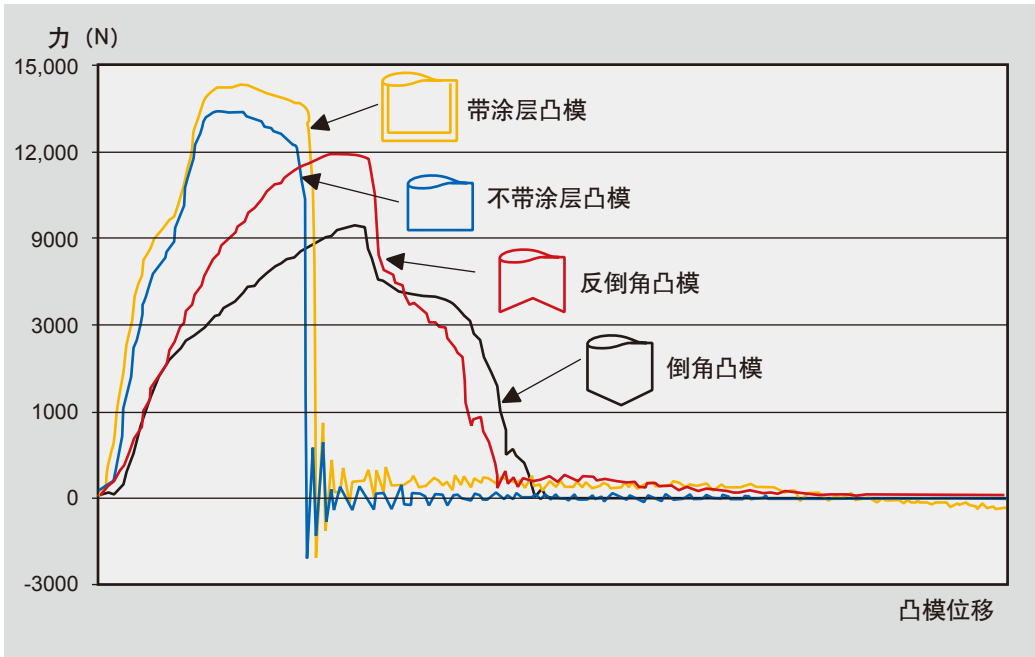


图 3-19. 在1mm厚的 Docol 1400 M上用10% 模具间隙冲孔Φ5mm时的落料/冲孔力

对于倒角高度为料厚0.7倍的 Docol 1400M，落料/冲孔力可以减小 30%。倒角凸模的大小取决于板料，如图3-21所示。要在落料/冲孔软钢时减小更多的力，倒角高度必须增加到约为板料厚度的1.0-1.5倍。在对先进高强度钢落料/冲孔时，倒角不必过大，只需足够大到在整个凸模末端表面区域与板料表面接触之前，开始对板料产生切割作用即可。使用过大的倒角会增加凸模顶端塑性变形的风险。

减小塑性变形风险的另一种方式是，使用包含中央平面区域的倒角凸模，如图3-20 所示。

注意！使用倒角凸模不一定表示模具磨损会减小。其主要优点是力度和噪音的减小。



图 3-20. 包含中部小平面的倒角凸模

### 3.3.3 切边与剪切

#### 3.3.3.1 剪切间隙与剪切角

在剪切工艺中，剪切间隙是上下剪切刃口之间的水平距离；剪切角是上下剪切刃口之间的角度，见图3-25。通常以调整上部刃口来形成所需剪切角。

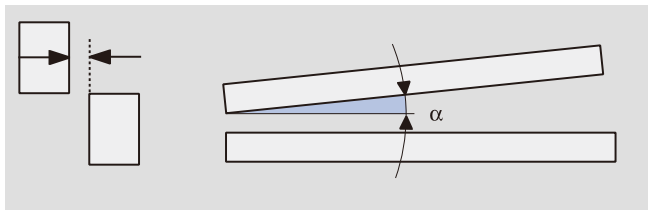


图 3-25. 剪切间隙与剪切角

一般来说，对于较软钢板可以使用相近的剪切间隙。与平行刀具相比，使用带有剪切角的刀具时，剪切间隙可以大一些。对比落料工艺，剪切间隙通常会小一些。图3-26 列出了建议的先进高强度钢剪切间隙。

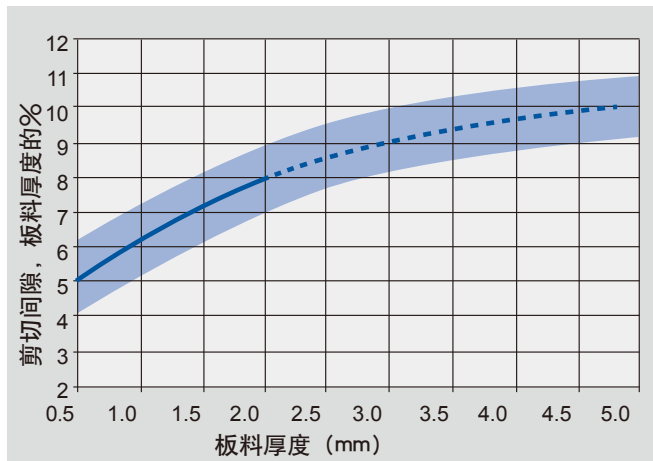


图 3-26. 建议的剪切间隙

图 3-27 列出了针对不同强度和厚度的板料的剪切角的选择。

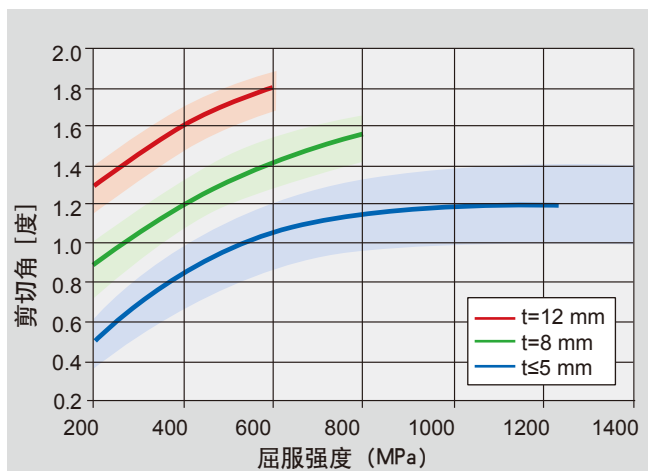


图 3-27. 建议的剪切角。

#### 3.3.3.2 板料切边的冲切断面

板料切边边缘的外观与落料时的外观相似，见3.3.1节。图3-28列出了三种钢板牌号的典型板料冲切断面外观。

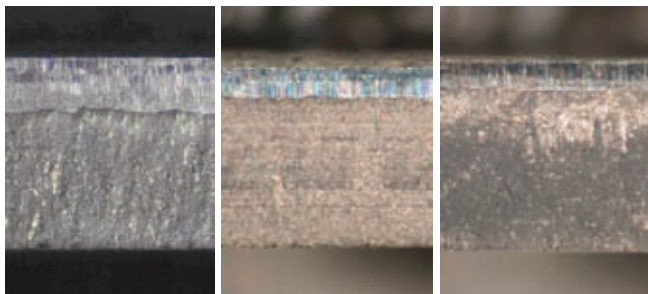


图 3-28. 2mm厚度，7%剪切间隙，1°剪切角的Domex 700MC、Dogal 800DP和Docol 1400M的板料边缘外观

在改变剪切工艺中的切边参数后，板料冲切断面的外观会改变。平行刀具较大的剪切间隙会产生较大的光亮带。相反，刀具带有剪切角时，较大的剪切间隙会产生较小的光亮带。大剪切角配合大剪切间隙使用时，有时会在断裂带上看到分裂或撕裂痕迹，见图3-29中的图片。对Docol M牌号加工时大剪切角有时可能会在断裂带上形成波状图案，见图 3-30。



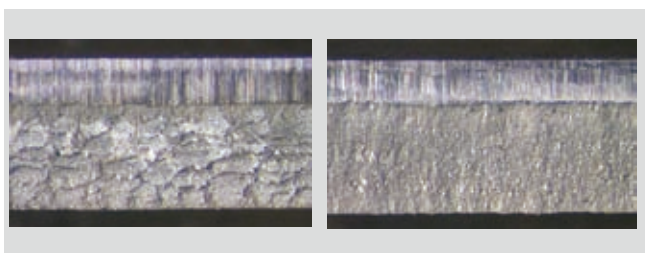


图 3-29. 不同切割条件下2mm厚度Domex 700MC的板料冲切断面外观。左图表示剪切间隙和/或剪切角太大。右图表示切边条件良好。

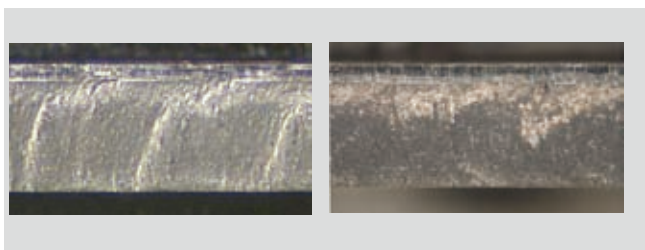


图 3-30. 不同切割条件下2mm厚度Docol 1400M的板料冲切断面外观。左图表示剪切间隙和/或剪切角太大。右图表示切边条件良好。

### 3.3.3.3 剪切力

需要的剪切力与钢板强度、钢板厚度以及剪切的长度成正比。在对最硬的先进高强度钢进行剪切时，剪切力可能非常高。为避免高的剪切力，应使用剪切角。只要使用剪切角，先进高强度钢与软钢间的差异就会小很多，见图 3-31。剪切间隙对总剪切力没有什么太大影响。最大的剪切力下降是在从平行剪切转到1°剪切角时。使用>1.5°的剪切角没有什么好处，剪切力的减小很少，但模具边缘负载会更高，并会增加崩刃的风险。

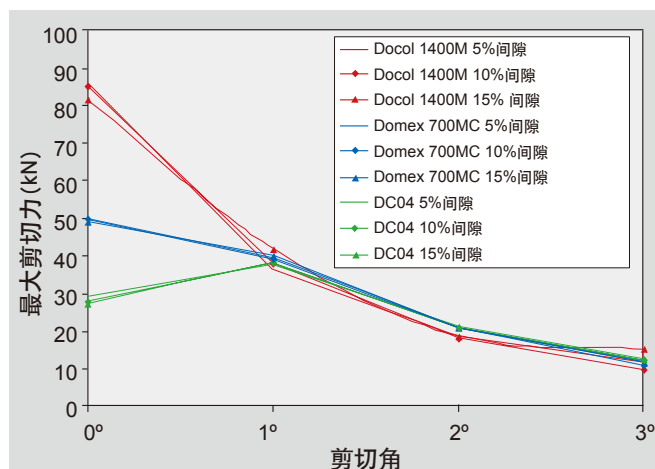


图 3-31.不同剪切间隙下，剪切力随剪切角的变化关系，厚度=2mm。

在对先进高强度钢进行剪板机加工时，首先要想的问题通常是：

-使用现有的生产设备，我能够实现从软钢板到先进高强度钢的过渡吗？

需要借用剪切力表达式来回答这个问题。SSAB 瑞典钢铁集团使用以下等式：

$$F = \frac{K_{sk} \cdot t^2}{2 \tan \alpha}$$

其中：

F = 剪切力

$K_{sk}$  = 剪切强度 =  $R_m \times$  系数e

$\alpha$  = 剪切角

t = 板料厚度

剪切强度由抗拉强度乘以系数e计算得出。系数e随材料的抗拉强度而变化；对于软钢(对应DC01或Domex 200)，系数e等于0.8。但对于更高强度的钢，平行剪切的系数e会减小到0.55。使用剪切角时，对于最高强度的板料牌号，它可以减小到0.3。在图 3-32 的图示中，系数e随进行平行剪切和使用剪切角时剪切的板料抗拉强度而变化。使用剪切角时，对于先进高强度钢，系数e减小许多。

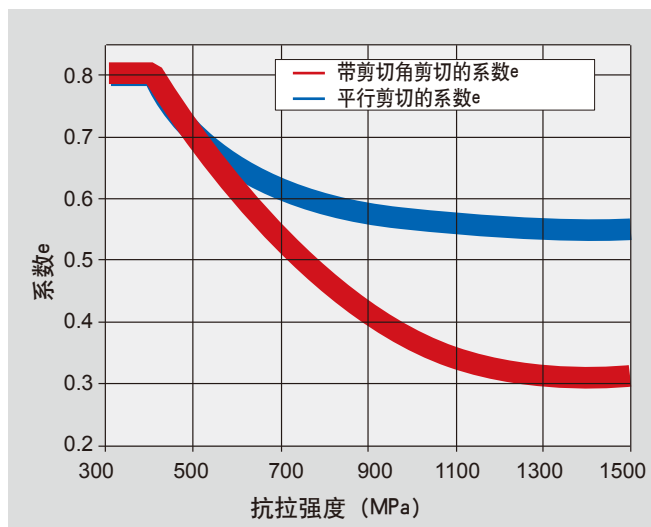


图 3-32. 系数e随板料抗拉强度的变化关系

#### 例 1:

8mm厚软钢板

板料: Domex 240YP ( $R_m=350$  MPa)

剪切力:  $0.8 \times 350 \times 64 / 2 \tan 0.9 = 570$  kN

#### 例 2:

同样为 8mm厚的特高强度钢板

板料: Domex 700 MC ( $R_m=800$  MPa)

剪切力:  $0.47 \times 800 \times 64 / 2 \tan 1.5 = 459$  kN

#### 例 3:

厚度减小 10%，7.2mm 厚的特高强度钢板:

板料: Domex 700 MC ( $R_m=800$  MPa)

剪切力:  $0.47 \times 800 \times 51.84 / 2 \tan 1.5 = 372$  kN

这些实例表明，如果您将软钢换成特高强度钢板，实际上，剪切力会减小（对于相同板料厚度使用剪切角）。如果您减小特高强度钢板的厚度（在例3只减小了10%），则剪切力会在原来水平上减小35%。

### 3.3.4 剪切工序的工模具钢选择和表面处理

#### 3.3.4.1 表面处理

在模具上是否使用涂层是模具制造中经常遇到的问题。在使用涂层之前，弄清磨损类型非常重要。对于先进高强度钢，磨损类型根据微观组织和强度而变化。对

于双相钢，如 Docol 800 DP，主要是粘着磨损，涂层肯定可以有效地减轻粘着，如图 3-32 中所示。热镀锌钢，如 Dogal 牌号，由于锌层带有润滑功能，通常粘着倾向较低。

对于热轧微合金钢，如 Domex 系列，磨损类型是粘着磨损和磨粒磨损相混合。如果 Domex 牌号非酸洗表面条件下冲裁，则模具磨损率将会高出许多且以磨粒磨损为主。在任何情况下，对 Domex 牌号进行冲裁时，涂层都会极大地减小模具磨损。

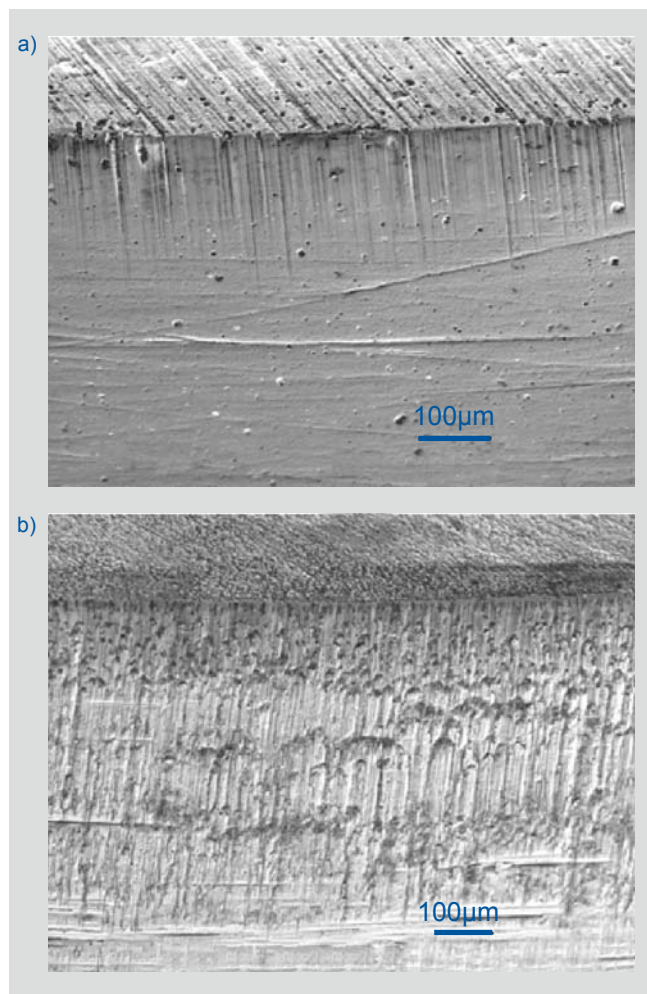


图 3-22. 用 Docol 800 DP 生产 200,000 个零件后的冲裁刀口，a) PVD 涂层 (TiAlN) 和 b) 无涂层

对于 Docol M 牌号的全马氏体钢，粘着磨损不会是主要的失效形式。磨损类型主要是磨粒磨损。有时在磨损区域可以看到疲劳裂纹，如图 3-23 中所示。

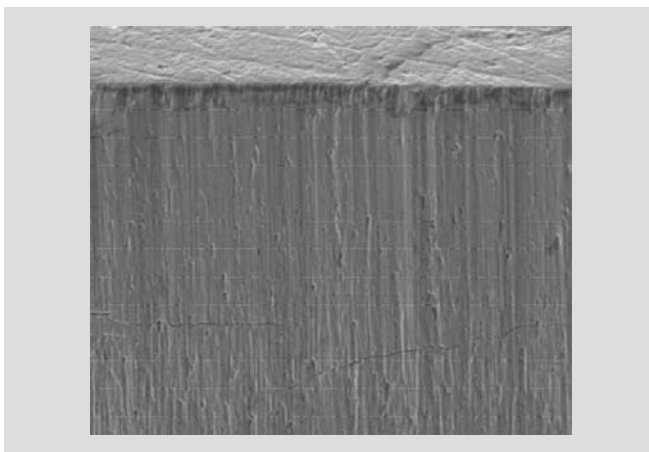
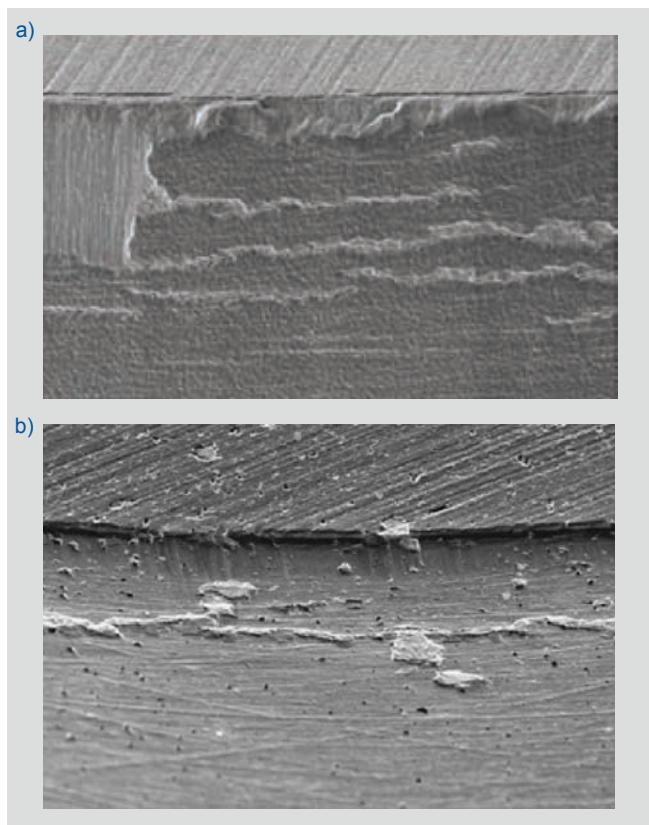


图 3-23. 用 Docol 1400M 生产 100,000 个零件后，无涂层冲裁刀口的磨损的典型状态

只要产生疲劳裂纹，涂层保留在模具上的时间就不会太长。如果在施加涂层之前，准备工作做的非常好，并且使用的是最适合的涂层，则结果会好些。在生产 10 万个零件后，大部分涂层仍保留完好，如图 3-24 所示。

但是，对于全马氏体钢，如 Docol M 等级，涂层不会有太大好处，建议不要使用。在任何情况下，由于冲裁刀口存在崩刃的高度风险，因此，应避免冲裁刀口的渗氮处理。



### 3.3.4.2 工模具钢选择

出于工模具钢选择的目的，将先进高强度钢板做如下分类更为方便：

- Domex MC 系列
- Docol DP/DL 和 LA 系列
- Dogal DP/CP 系列
- Docol M 和 M+ZE 系列

这是因为初步的落料/冲孔测试表明：每一钢种在落料/冲孔中的表现都是不同的，即，每一钢种对模具材料有不同的要求。为了让用户更方便找到想要的信息和减少误解，与每一钢种相关的信息均单独列出而不顾及适用于其它钢种的类似信息，尽管在某种程度上相同的信息会被重复多次。

#### Domex MC 系列

这个系列为碳含量相对较高的热轧微合金钢。它们可以酸洗或非酸洗表面供货，厚度范围 2-12mm (Domex 700MC 最大厚度为 10 mm)。

对工模具钢的要求为：

- 由于碳含量、强度和厚度高，因此，耐磨性要好。对于非酸洗表面材料来说，耐磨性好是特别必要的，因为其表面的氧化皮会形成强烈的磨粒磨损。
- 抗崩刃性好，部分是由于其相对较高的强度，但主要是由于其厚度范围。
- 抗粘着性好，这是由于强度和厚度相对较高。

图 3-24. 用 Docol 1400 M 生产 100,000 个零件后的模具刀口外观。

a) 显示 CVD TiCN 涂层，b) 显示多层 TiAlN 涂层。

Domex MC 系列对模具材料的要求最高，这是因为此系列的厚度范围远大于其他系列。

一般推荐的工模具钢牌号为：

- Uddeholm Calmax
- Uddeholm Unimax
- Uddeholm Caldie
- Uddeholm ASSAB88
- Uddeholm Vanadis 4 Extra
- Uddeholm Vancron 40

表 3-1 中提供了这些牌号的性能资料。下面是对于推荐的工模具钢牌号应考虑的一般事项：

- 如果预计会有严重崩刃时应使用Uddeholm Calmax、Uddeholm Unimax和Uddeholm Caldie。
- 对于较薄板料的中短期生产应使用 Uddeholm ASSAB88。
- 当需要耐磨性和抗崩刃性的紧密结合时，即较厚、几何形状较复杂零件的长期生产，应使用 Uddeholm Vanadis 4 Extra。
- 长生产周期下，落料/冲孔较薄、酸洗表面板料时需要抵消粘着，应使用无涂层 Uddeholm Vancron 40。

- 涂覆涂层，如 CVD 或PVD 可用于抵消磨损和粘着。上面提及的所有工模具钢牌号均可加涂层，但 Uddeholm Vancron 40 通常不添加涂层使用。
- Uddeholm Calmax 可以加CVD涂层，但不能加PVD涂层。
- 不建议渗氮，因为表面脆化很容易造成模具边缘崩刃。
- 所使用的硬度等级取决于板料厚度和零件几何形状。通常硬度介于56-62 HRC之间。

**Docol DP/DL、LA和ROLL系列**

DP/DL和 ROLL系列为含碳量较低的冷轧双相钢，厚度范围为 0.5至2.1 mm。LA 系列为微合金钢，厚度范围为 0.4至3.0 mm。

对工模具钢的要求为：

- 高抗拉强度需要高耐磨性。
- 高抗拉强度需要高抗崩刃性。
- 高抗拉强度和板料中含铁素体，需要高抗粘着性。

表 3-3 中提供了适用于不同板料强度等级的工模具钢牌号和推荐硬度。

SSAB 钢板牌号	Uddeholm 工模具钢牌号	模具硬度 (HRC)
500LA 500DP 500DL	Calmo granshots ASSAB88 granshots Caldie Granshots Caldie ASSAB88 XW-42	>56
600DP 600DL	Caldie Granshots ASSAB 88 granshots Caldie ASSAB88 Vanadis 4 Extra	≥58
800DP 800DL 1000DP ROLL800 ROLL1000 1000DP+ZE 1000LCE	Caldie ASSAB 88 Vanadis 4 Extra Vancron 40	≥60

表 3-3.用于冲裁Docol钢板的推荐工模具钢牌号。



以下是对于推荐的工模具钢牌号应考虑的一般事项。

对于 500 LA/DP/DL 钢板系列：

- 如果预计会有崩刃时应使用 Uddeholm Carmo Granshots, Uddeholm Caldie granshots, 严重崩刃时, 使用Uddeholm Caldie。
- 中短期生产应使用 ASSAB88 granshots, Carmo Granshots, Uddeholm Caldie granshots和 Uddeholm XW-42。
- 当需要耐磨性和抗崩刃性的紧密结合时, 即较厚、几何形状较复杂零件的长期生产, 应使用 Uddeholm Caldie, Uddeholm Vanadis 4 Extra。
- 要抵消长期生产下的粘着应使用无涂层Uddeholm Vancron 40。

对于600 DP/DL钢板系列：

- 应用Uddeholm Caldie以避免崩刃和开裂。
- 中短期生产应使用Uddeholm ASSAB88和 Uddeholm Caldie granshots。
- 当需要耐磨性和抗崩刃性的紧密结合时, 即较厚、几何形状较复杂零件的长期生产, 应使用 Uddeholm Vanadis 4 Extra。
- 用较薄板料落料/冲孔简单几何形状零件的长期生产应使用 Uddeholm Caldie。
- 要避免粘着的长期生产应使用无涂层Uddeholm Vancron 40。

对于800 DP/DL/ROLL和1000 DP/DP+ZE/ROLL/EP钢板等级：

- 应用Uddeholm Caldie以避免崩刃和开裂。
- Uddeholm ASSAB88应用于中短期生产。

- 当需要耐磨性和抗崩刃性的紧密结合时, 即较厚、几何形状较复杂零件的长期生产, 应使用 Uddeholm Vanadis 4 Extra。
- 从较薄板料冲裁/冲孔简单几何形状零件的长期生产应使用 Uddeholm Vanadis 6。
- 涂覆涂层, 如CVD或PVD可用于所有DP和DL系列来避免磨损和粘着。上面提及的所有工模具钢牌号均可添加涂层, 但Uddeholm Vancron 40通常不添加涂层使用。
- Uddeholm Calmax可以加CVD涂层, 但不能加PVD涂层。
- 不建议渗氮, 因为渗氮很容易造成崩刃。

### Dogal DP/CP、LAD和ROLL系列

Dogal DP/CP和ROLL系列为低含碳量、热浸镀锌的冷轧多相钢。Dogal CP钢板可供应的厚度范围为0.7至2.0mm, Dogal DP/Roll钢板可供应的厚度范围为0.5至2.0mm。Dogal LAD是热镀锌的微合金钢, 可供应的厚度范围为0.4至2.5mm。

对工模具钢的要求为：

- 长期生产需要高耐磨性, 但由于锌涂层用作润滑剂, 因此与无镀锌等级相比, 磨损率减少了很多。
- 高抗拉强度需要高抗崩刃性。
- 高抗拉强度和板料中含铁素体, 需要高抗粘着性。

软的、带粘性的锌涂层经常容易粘着在模具表面, 应定期对其进行清理。

表 3-4 中提供了适用于不同板料强度的工模具钢牌号和推荐硬度。

SSAB 钢板牌号	Uddeholm 工模具钢牌号	模具硬度 (HRC)
460 LAD 500 LAD 500 DP	Calmo granshots ASSAB88 granshots Caldie granshots ASSAB88 XW-42 ASSAB88 granshots	56-62
600 DP 600 CP 780 CP 800 DP 800 DPX	Caldie granshots Caldie ASSAB88 Vanadis 4 Extra Vancron 40	58-64
800 DP 800 DPX 1000 DPX ROLL 800 ROLL 1000	Caldie ASSAB88 Vanadis 4 Extra Vancron 40	≥60

表 3-4. 用于冲裁Dogal钢板的推荐工模具钢牌号。

下面是对于推荐工模具钢牌号应考虑的一般事项。

对于 460 LAD 和 500 LAD/DP 钢板系列：

- 应用Uddeholm Carmo Granshots, granshots以避免崩刃和开裂。
- 中短期生产应使用ASSAB88 granshots, Carmo Granshots, Uddeholm Caldie granshots和Uddeholm XW-42。
- 当需要耐磨性和抗崩刃性的紧密结合时，即较厚、几何形状较复杂零件的长期生产，应使用Uddeholm Caldie和Uddeholm Vanadis 4 Extra。要避免粘着的长期生产应使用无涂层Uddeholm Vancron 40。

对于 600 DP/CP、780 CP 和 800 DP/DPX 钢板等级：

- 应用Uddeholm Caldie以避免崩刃和开裂。
- Uddeholm ASSAB88和Uddeholm Caldie应用于中短期生产。
- 当需要耐磨性和抗崩刃性的紧密结合时，即较厚、几何形状较复杂零件的长期生产，应使用Uddeholm Vanadis 4 Extra。
- 用较薄板料落料/冲孔简单几何形状零件的长期生产应使用 Uddeholm Caldie和Uddeholm Vanadis 6。

涂覆涂层，如CVD或PVD可用于所有DP、DL和

- LAD等级来避免磨损和粘着。上面提及的所有工模具钢牌号均可添加涂层，但Uddeholm Vancron 40通常不添加涂层使用。

Uddeholm Calmax可以加CVD涂层，但不能加

- PVD涂层。
- 不建议渗氮，因为这很容易造成崩刃。

对于800DP/DPX、1000DPX和ROLL800/ROLL1000钢板等级：

应用Uddeholm Caldie以避免崩刃和开裂。

- Uddeholm ASSAB88和Uddeholm Caldie应用于中短期生产。
- 当需要耐磨性和抗崩刃性的紧密结合时，即较厚、几何形状较复杂零件的长期生产，应使用Uddeholm Vanadis 4 Extra。
- 要避免粘着的长期生产应使用无涂层Uddeholm Vancron 40。

Docol M和M+ZE系列

Docol M和M+ZE系列为低含碳量的冷轧马氏体钢。M+ZE系列具有电镀锌层。这些钢板牌号的厚度范围为0.5至2.1mm。

表 3-5中提供了适用于不同板料强度的工模具钢牌号和推荐硬度。

SSAB 钢板牌号	Uddeholm 工模具钢牌号	模具硬度 (HRC)
1200 M 1400 M 1500 M WEAR 450 1200 MZE 1400 MZE	Caldie ASSAB88 Vanadis 4 Extra	60-62

表 3-5. 用于冲裁 Docol M钢板的推荐工模具钢牌号。

以下是对于推荐的工模具钢牌号应考虑的一些一般事项：

- 应用Uddeholm Caldie以避免崩刃和裂纹。
- Uddeholm ASSAB88和Uddeholm Caldie应用于中短期生产。
- 当需要耐磨性和抗崩刃性的紧密结合时，即长期生产，应使用Uddeholm Vanadis 4 Extra。
- Docol M和M+ZE系列不建议添加涂层，因为目前试验表明，在模具表面形成的疲劳裂纹会造成这些涂层很早脱落。
- 不建议渗氮，因为这很容易造成崩刃。

3.4 应用实例

3.4.1 门槛加强板

1.8mm DP600 门槛加强板使用Caldie为切边刀口材料，位于芝加哥冲压中心生产。模具表面带TiCN涂

层。Carmo铸件的模具部件，代表FORD新的DP600冲压模具设计和制造标准，凸模采用整体铸造，凹模分体，固定于铸铁基座。

冲压工艺	落料和成形
板料：	Docol 600 DP
板料厚度：	1.8 mm
每年生产的零件数：	250,000
切边上刀模具材料：	Uddeholm Caldie,CVD TiCN
切边下刀模具材料：	Uddeholm Caldie,CVD TiCN
左右落料刀硬度：	HRC 60
成形模模具材料：	Uddeholm Carmo granshots

3.4.2 B柱加强板<sup>1</sup>

可以选择两种工模具钢材料的B柱加强板模具。两种选择均被证明是可行的。

冲压工艺	落料和折弯
板料：	Docol 800 DP
板料厚度：	2.0 mm
每年生产的零件数：	82,000
左落料上刀模具材料：	Uddeholm ASSAB88
右落料上刀模具材料：	Uddeholm XW-42
左落料下刀模具材料：	Uddeholm ASSAB88
右落料下刀模具材料：	Uddeholm XW-42
左右落料刀硬度：	HRC 62
冲头硬度：	HRC 60
左成形模具，模具材料：	Uddeholm Vancron 40
右成形模具，模具材料：	Uddeholm ASSAB88 + CVD, TiC+TiN
左成形模硬度：	HRC 62
右成形模硬度：	HRC 62
成形模具的表面粗糙度：	Ra 0.1 μm
润滑剂：	8%油乳化剂

1. 资料提供：位于瑞典Olofström的Finnveden Metal Structures



图 3-33. B柱加强板。



3.4.3 轿车保险杠<sup>2</sup>

轿车保险杠的模具。

冲压工艺	落料和成形
板料:	Docol 1000 DP
板料厚度:	2.0 mm
每年生产的零件数:	300,000
落料模模具材料:	Uddeholm Vanadis 4
落料模模具硬度:	HRC 60
成形模模具材料:	Uddeholm Vanadis 4 + CVD, TiCN
成形模模具硬度:	HRC 60
成形模具的表面粗糙度:	-
润滑剂:	-

2. 资料提供: 位于西班牙Barcelona的Essa Palau



图 3-34. 轿车保险杠



图 3-35. 拖钩支架。

3.4.4 拖钩支架<sup>3</sup>

拖钩支架的模具

冲压工艺	冲裁和弯曲
板料:	Docol 1400 M
板料厚度:	2.0mm
每年生产的零件数:	82,000
落料上刀模具材料:	Uddeholm ASSAB88
落料下刀模具材料:	Uddeholm Vanadis 4 Extra
冲裁模具硬度:	HRC 60
成形凸模模具材料:	Uddeholm ASSAB88
成形凹模模具材料:	Uddeholm Vanadis 4 Extra
成形凸模硬度:	HRC 58
成形凹模硬度:	HRC 60
成形模具的表面粗糙度:	-
润滑剂:	不另加润滑剂

3. 资料提供: 位于瑞典Olofstrom的Finnveden Metal Structures

## 4. 润滑

### 4.1 成形模具工序

在成形工序中，可以通过在表面增加润滑剂来减少相对运动中两个表面之间的摩擦。冲压钢板时最常用的润滑剂类型是混合润滑剂，这种润滑剂的润滑油膜厚度可承受模具微观表面的波峰与板料表面间的接触。润滑剂粘着在模具微观表面不规则的起伏中，与表面波峰一起，承受成形工序中的接触压力。这对板料表面粗糙度（对于冷轧材料，EN 10130标准之下的普通表面即可）以及润滑剂中和新形成的活性表面之能力提出了要求。

润滑剂的粘度对板料成形工序有重大影响。低粘度的润滑剂 (25-50cSt) 用于较简单的板料成形工序，但对于要求更高的冲压工序，须使用更高粘度的润滑剂。参见图 4-1 以了解润滑剂粘度的影响。



图 4-1. 润滑剂粘度对拉深成形的影响。使用润滑剂粘度500 cSt（左杯）和40 cSt（右杯）的最大拉深杯高度。

### 4.2 冲切模具工序

使用额外润滑剂的重要性取决于先进高强度钢落料/冲孔和切边/剪切时的多个因素。钢牌号、板料厚度和板料表面状态以及模具几何形状都有很大影响。一般来说，对于板料强度较低、板料较厚和落料/冲孔形状较复杂的工序，润滑剂更为重要，例如，厚板料小圆角半径的冲孔。推荐的用于落料/冲孔先进高强度钢的润滑剂是那些可抗很高接触压力的类型。是否需要使用额外润滑剂对于下面所列的钢板系列有所不同。

#### 4.2.1 Domex MC系列

对于热轧板料来说，使用额外润滑剂将有利于延长模具寿命。特别是对于较厚的板料，润滑剂还可以减小切边力和反作用力（由于摩擦力更小）。

#### 4.2.2 Docol DP/DL, LA和ROLL系列

在对这种类型的先进高强度钢进行落料/冲孔时，使用润滑剂是一个很好的习惯。这些钢中的铁素体成分会在凸模模具上形成粘着，使用额外润滑剂可以减少这种粘着。

#### 4.2.3 Dogal DP/CP, LAD和ROLL系列

对热浸镀锌钢板料进行落料/冲孔时，很少需要使用润滑剂。镀锌表面具有一定润滑效果。在一段生产时间过后，锌涂层经常容易粘着在模具表面，应定期对其进行清理。

#### 4.2.4 Docol M和M+ZE系列

对于全马氏体冷轧钢板，如 Docol M，较少需要使用额外润滑剂。货物出厂时的自带油可以为落料/冲孔和切割/剪切工序提供足够的润滑剂。这些钢板材料没有粘着到模具上的倾向。

对电镀锌钢板，如 Docol M+ZE进行落料/冲孔时，使用润滑剂的需要更少。镀锌表面具有一定润滑效果。在一段生产时间过后，锌涂层经常容易粘在模具表面，应定期对其进行清理。

# 5. 模具的经济效益

量产模具使用最少的停工时间制造需要达到的零件数量，这一点非常重要。由模具损坏或频繁翻修所引起的停工会造成成本高昂的生产延误和更低的整体生产效率。有几种需要讨论的模具问题。

从模具设计到模具维护的链条必须保持完整——任何薄弱环节都会造成缺陷。很重要的一环是模具材料。模具材料必须具有适合此零件加工特性的性能，并且具有稳定的高品质以提供可靠的模具。

优质工模具钢的制造工艺，如粉末冶金技术、ESR和高品质传统冶金技术，意味着在工模具钢生产过程中进行了额外的投入，这会造成这些钢比标准牌号成本更高。但是不要忘记，工模具钢成本只是模具制造总成本中很小的一部分——只是冰山一角！

如果考虑生产成本，包括批量生产中的停工和维护成本，使用更高品质的工模具钢只是增加很少的模具成本，但通常投资回报效益会很高。图5-2中进行了说明。



图 5-1. 工模具钢成本——只是冰山一角。

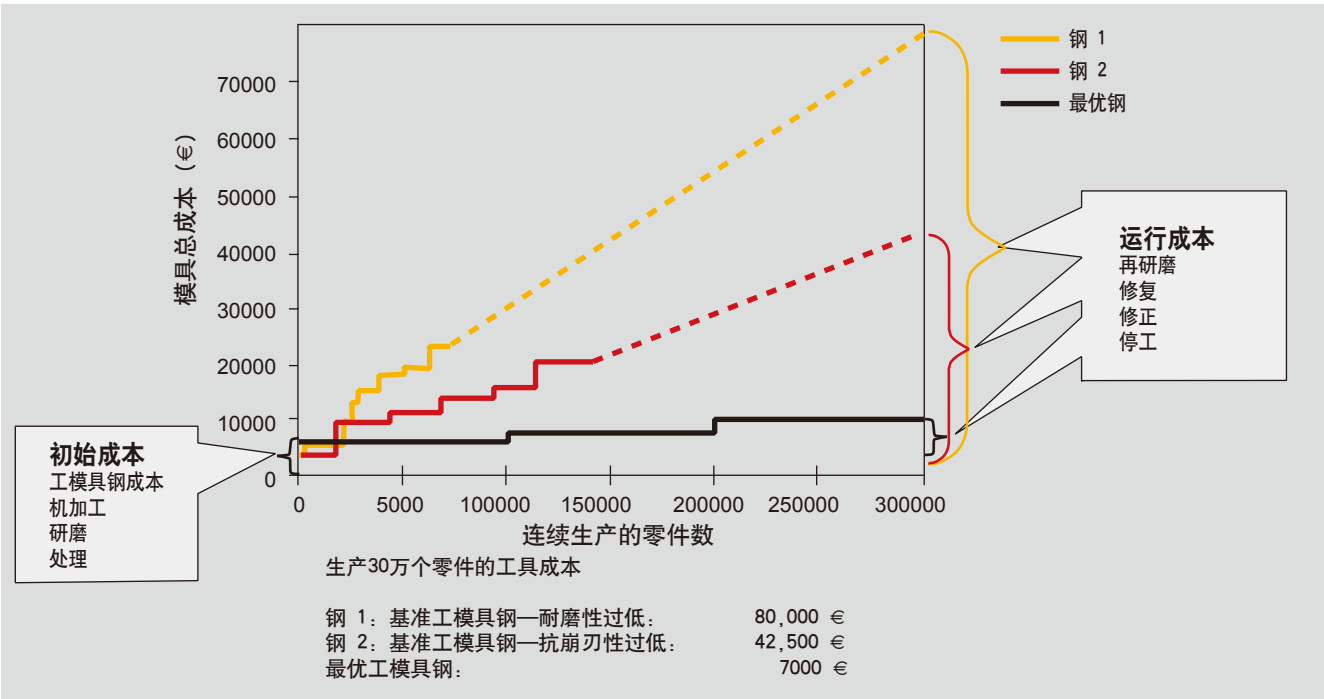


图 5-2. 模具总成本需考虑事项。线条中的步阶表示翻修成本。

## 6. 技术支持

### 6.1 助您一臂之力的技术专家

SSAB 瑞典钢铁集团和一胜百 (ASSAB) 可以帮助您充分利用先进高强度钢的优点。

我们的专家在选择冷作的先进高强度钢和工模具钢方面具有多年经验。

在改用先进高强度钢时，从一开始就整合材料选择、设计和生产工序非常重要。只有这样，之后才可能从技术和经济角度优化产品和生产工序。

SSAB瑞典钢铁集团知识服务中心的专家具有深厚的材料选择和加工知识，在设计、成形和连接方面具有突出能力。知识服务中心可以提供与SSAB瑞典钢铁集团的应用工程师和材料专家的直接联系。另外还通过 [www.ssab.com](http://www.ssab.com) 网站提供即时支持，客户可以任意访问资料丰富的网上数据库，其中包含了详细的产品资料、可下载的产品规范、图表以及其它可简化设计和生产的信息。

一胜百 (ASSAB) 客户技术服务部和其它产品领域的专家在工模具钢选择、工模具钢热处理和表面处理方面具有丰富的知识和经验。在发生模具失效时，可以进行调查来解释和克服实际的模具缺陷。

SSAB 瑞典钢铁集团及一胜百 (ASSAB) 本地销售办事处的专家可以上门为客户提供建议和解决模具问题。

### 6.2 为分析工作提供支持的先进资源

我们的公司拥有最先进的设备，可以协助客户快速选择正确的钢板牌号、正确的设计和正确的工模具钢，以及正确的热处理方案。

在 SSAB 瑞典钢铁集团，可供利用的资源包括：

- **有限元方法 (FEM)** 此方法用于模拟零件开发中的各个阶段，如钢牌号的选择、冲裁的形状、加工工艺以及零件的最终几何形状。FEM也可用于计算碰撞时一个零件的能量吸收能力。模具设计、圆角、零件设计、厚度和钢牌号等所有可以想到的变量都可以在计算机环境下进行模拟，以找出最佳解决方案。

- **ASAME设备** 此设备可以快速检查我们的客户是否选择了正确的钢板牌号和设计相结合的方案。ASAME可以测量冲压成形零件中的应变分布，之后利用强大的计算机程序对信息进行处理，随后即可获得有关模具、生产方法和设计如何影响材料的及时信息。ASAME可以执行非常精细的复杂成形分析。

在一胜百 (ASSAB)，设施包括：

- 材料研究和产品开发的完整实验室。该实验室包括：配备有传输和扫描电子显微镜的金相学部、配备有静态和疲劳测试机器的机械强度实验室、对工模具钢的加工和磨粒磨损属性进行评估和开发的加工实验室。
- 模具负载的有限元方法模拟。FEM 用于模拟板料成形，主要是模具负载的计算。粘着的预测是主要题目。

### 6.3 课程与技术研讨

SSAB瑞典钢铁集团和一胜百 (ASSAB) 定期安排课程和技术研讨，研究如何将先进高强度钢提供的改善产品的机会投入实际应用中，如：

- 钢板课程：提供不同钢牌号的生产、性能和应用的基本知识。
- 工模具钢课程：提供工模具钢生产、工模具钢处理、属性、应用及工模具钢选择的基本知识。
- 技术研讨：为代表客户提供先进高强度钢落料、设计、加工、成形和连接，以及工模具钢解决方案选择（包括热处理建议）等方面的深度知识。
- 专为个别公司度身定制的技术研讨。



## 6.4 手册

SSAB 瑞典钢铁集团的产品手册中详细介绍了先进高强度钢所提供的许多改善产品的机会及工模具钢解决方案：

- 钢板手册：提供设计的基本知识，并为零件设计、材料选择和生产工序选择提供建议。
- 钢板成形手册：提供材料性能、剪切下料、塑性成形和模具材料的详细知识。
- 钢板连接手册：提供先进高强度钢各种类型焊接和连接工艺的详细信息。

## 6.5 试制材料

无论您何时想了解这种新型钢板在您的生产设备或要制造的产品上表现如何，都可以通过我们的试制材料仓库订购试制材料。SSAB 瑞典钢铁集团生产的常用先进高强度钢牌号均在试制材料仓库备有现货。

## 6.6 产品信息

在我们的产品说明书和产品宣传册上可以了解到有关SSAB瑞典钢铁集团所有钢板牌号以及如何使用和加工这些牌号的信息。

产品说明书和处理说明书上提供了有关所有Uddeholm工模具钢等级及其处理，以及如何选择某一等级的信息（热处理、焊接、加工、EDM、光刻和磨光）。

SSAB 瑞典钢铁集团和一胜百 (ASSAB) 在全世界设有许多销售办事处和代理机构。我们的当地专家可以随时处理信息并解答您对产品的问题。

在[www.ssab.com](http://www.ssab.com)和[www.uddeholm.com](http://www.uddeholm.com), [www.assab-china.com](http://www.assab-china.com)网站上可以找到几乎全部产品信息和指南。

## 6.7 认证







欲了解更多信息请垂询

**SSAB**

**U UDDEHOLM**

瑞典SSAB钢板有限公司北京代表处  
中国北京朝阳区西坝河南路1号金泰大厦2905  
Tel: +86 10 6440 3550  
Fax: +86 10 6440 3560  
info.cn@ssab.com  
www.ssab.com

瑞典SSAB钢板有限公司上海代表处  
Tel: +86 21 6235 0065

瑞典SSAB钢板有限公司重庆代表处  
Tel: +86 23 6311 1535

瑞典SSAB钢板有限公司广州代表处  
Tel: +86 20 8558 8569

瑞典SSAB钢板有限公司武汉临时联络处  
Tel: +86 27 8555 7550

SSAB Strip Products  
SE-781 84 Borlänge  
Sweden  
Tel: +46 243 700 00  
email: strip@ssab.com

一胜百模具技术(上海)有限公司  
地址: 上海市莘庄工业区沪闵路4088号 邮编: 201108  
服务热线: 400 880 9788  
电话: 021 2416 9688  
传真: 021 5442 4244

一胜百模具(北京)有限公司  
地址: 北京经济技术开发区荣京东街甲10号 邮编: 100176  
电话: 010 6786 5588  
传真: 010 6786 2988

一胜百模具(东莞)有限公司  
地址: 东莞松山湖科技产业园区北部工业园 邮编: 523808  
电话: 0769 2289 7888  
传真: 0769 2289 9312

Uddeholm Tooling AB  
S-683 85 Hagfors  
电话: +46 563 17 000  
E-Mail: info@uddeholm.com  
www.uddeholm.com