

飞剪

〔苏联〕A. H. 伊洛什尼柯夫著

中国工业出版社

本书系根据苏联中央机械制造工艺研究院文集28 (ЦНИИТМАШ КНИГА28) А. Н. 伊洛什尼柯夫 (А. Н. Ирошников) 著“飞剪” (ЛЕТУЧИЕ НОЖНИЦЫ) 一书译出。原书由苏联国立科学-技术出版社于1950年在莫斯科出版。

书内分析了轧机当中最复杂与最有趣的辅助设备——飞剪的发展途径，在轧件以12米/秒的速度行进当中，它能够将轧件剪切成精确的定尺。

本书在批判美国飞剪结构的基础上，指出了将一系列速度同步关系改用电气控制来简化飞剪机械结构的途径。

本书可供机械制造厂和冶金厂的设计科和机械科的工作人员以及科学研究部门的工作人员参考。也可推荐作为高等学校有关专业的参考教材。

296/3

А. Н. Ирошников
ЛЕТУЧИЕ НОЖНИЦЫ
МАШГИЗ 1950

* * *

飞 剪
溫 春 訓 譯

*

机械工业图书编辑部编辑 (北京苏州胡同141号)

中国工业出版社出版 (北京佟园路丙10号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本850×1168 $\frac{1}{8}$ ·印张3 $\frac{7}{8}$ ·字数93,000

1964年9月北京第一版·1964年9月北京第一次印刷

印数0,001—3,020·定价(科七)0.65元

*

统一书号: 15165·3067(一机-654)

本书所用的主要代表符号

L ——板材在飞剪上剪切的长度(米)。

L_0 ——基本剪切长度(米)，即板材的剪切长度相应于调整差动减速机的基本(零位)位置，此时 $v=v_0$ 。

S_0 ——轧件在两次顺序剪切间的时间 t 内走过的路程(米)。

D ——刀片切削刀的轨迹直径(米)。

D_0 ——送料辊直径(米)。

t ——在两次顺序剪切间的时间(秒)。

v ——刀片切削刀的圆周速度(米/秒)。

v_0 ——轧件进给速度，等于送料辊的圆周速度(米/秒)。

n ——刀片每分钟的转数。

n_0 ——送料辊每分钟的转数。

k ——刀片在两次顺序剪切间的时间内完成的整周转数，如果刀片每转一转飞剪进行一次剪切，则 k 值等于 1；如果每转两转剪切一次(一次空剪切)，则 k 值等于 2，依此类推。

φ ——在两次顺序剪切间的时间 t 内飞剪滚筒的转角(弧度)。

φ_0 ——在两次顺序剪切间的时间 t 内送料辊的转角(弧度)。

φ_c ——在两次顺序剪切间的时间 t 内自整角机的转角(弧度)。

i ——由送料辊到飞剪的基本传动比，等于送料辊的转数与刀片转数之比。

$$i = \frac{n_0}{n} = \frac{z}{z_0},$$

式中 z 和 z_0 ——装在飞剪轴和送料辊轴上的相应齿轮的齿数。在文中列举的简图上(见图 6, 19, 33, 46 及其他)，在大多数情况下，为了简单起见，取 $D=D_0$ ， k 值等于 1。对这些情况言 $i=1$ 。

i_p ——由送料辊到差动装置的传动比(见图 46 及其他)。

i_k ——由差动装置到飞剪的传动比。

i_d ——由差动装置架到执行自整角机的传动比。

目 次

本书所用的主要代表符号

第一章 緒論	1
1. 飞剪的用途及其分类	1
2. 飞剪的基本运动方程式	4
3. 調整板材剪切长度的方法	6
第二章 板材剪切綫上的飞剪	8
4. “查波罗什”鋼厂的飞剪	8
用空剪切的方法調整板材的剪切长度 用“机械地”改变刀 片轉数的方法調整板材的剪切长度 飞剪的运动匀速	
5. 改善飞剪結構的途徑	22
用“机械地”改变送料輥轉数的方法調整板材的剪切长度 用“电气地”改变送料輥轉数与刀片轉数之間关系的方法調整 板材的剪切长度 速度为轉角函数的电气 同 步 送料 輥的运动匀速 “徑向”匀速 “綜合徑向”匀速 自动 匀速 “电气”匀速 利用固定式剪切机代替飞剪 “摆 动式”固定剪切机 板材前端剪切长度的調整 HKM3式 飞剪 在剪切过程中均匀速度	
6. “电气”匀速的飞剪	46
带程序轉換盘的控制系統 带离合器的控制系統 带“主 令”自整角机的控制系統 带可逆自整角机的控制系統 带运动减速机的控制系統	
第三章 連續板材軋机后面的飞剪	61
7. 基本情况	61
滾筒直径不同的飞剪 工作在启动制度下的飞剪 飞剪 的电力傳动装置 剪切力	
8. “查波罗什”鋼厂連軋机后面的飞剪	67
飞剪机組的一般敘述 飞剪的剪切机构 飞剪的傳动系 統图与差动减速机 飞剪的工作制度与电力装备	

9. 飞剪与軋机的电气同步系統	78
飞剪的同步傳动裝置 測力計型的速度調節器 差动-振动型的速度調節器 飞剪电动机由工作机座主傳动帶动的发电机供电 电机放大机 应用电机放大机的典型系統 对現代化飞剪傳动裝置的主要要求 具有液压同步的飞剪系統 具有电机放大机的飞剪控制系統 第二个具有电机放大机的飞剪控制系統 具有电机放大机的新的飞剪控制系統 随失步角函变的飞剪同步系統	
第四章 飞剪的傳动裝置	103
10. 基本运动方程式	103
綜合的电力傳动的基本运动微分方程式 飞輪质量不变的电力傳动裝置 飞輪质量变化的电力傳动裝置	
11. 飞剪电力傳动的計算基础	109
工作在启动制度下的飞剪电力傳动計算 連續旋轉飞剪的电力傳动計算	
12. 主齿輪嚙合中齿隙的消除	113
参考文献	116

第一章 緒 論

1. 飞剪的用途及其分类

新型电气设备的出现，为设计师在简化所设计的机器的机械部分及提高其生产率方面，开辟了广阔的可能性。现在，设计师有可能设计出这样的电气控制系统，它能够成功地代替传动系统非常复杂的机构。

为机器设计展示出新的可能性的电气设备，首先应当指出的是电机放大机，借助它们可在机构中实现强化及加速度，其次是能够实现机构的个别元件电气同步的电气同步指示器。机器设计中的这些总的趋势，在轧钢设备最复杂的自动化机构之一——飞剪的结构上也得到了反映。

在冷轧板材车间内，飞剪作为主要机构装设在板材的自动连续剪切线上（图1），此剪切线通常由开卷机、带碎边机的圆盘剪、矫正机、飞剪和垛板机等组成。

现有装设在板材剪切线上的飞剪，具有非常复杂的系统，这是由于对其结构有三项基本要求：第一，飞剪应当在行进中剪切运动速度达2~2.5米/秒的轧件。第二，剪切精度应当在0.5~1毫米的范围内。第三，板材的剪切长度应当在相当大的范围内能够调整以适应用户的要求，用户为了减少损耗，根据所采用的冲压工艺，即根据冲模尺寸及板材的合理下料，对板材的长度提出订货要求。

在热轧板材车间内，飞剪直接装设在板材轧机连续机组最后一部机座的后面，它们同样应当满足上述三项工艺条件。但是，在此情况下，轧件的运动速度达到10~12米/秒，因此，剪切精度会稍微降低些。

对位于轧机連續机組后面的飞剪，除了三項基本工艺条件外，經常还提出第四个条件——对于由軋件切下的第一块板材来說，应当保証定尺；在个别情况下有时还提出第五个条件——軋件最后的两块板材长度不应当小于最短的产品长度。

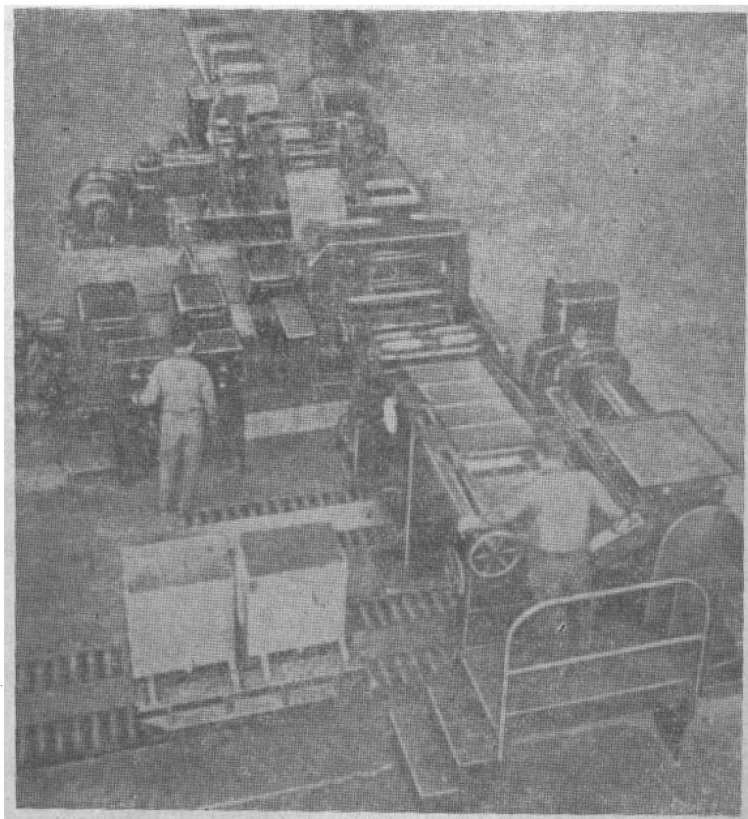


图1 板材的自动剪切线

根据结构与刀片的运动特点，飞剪分为下述六类：

1. 杠杆-摆动式飞剪 属于这一类的有摆式和目前已属陈旧的爱德华杠杆式飞剪(图2)。这类飞剪的刀片具有接近直线运动的摆动；当剪切时刀片沿金属的运动方向运动，而在剪切終了时刀片差不多仍沿同样的轨迹返回原来的位置。

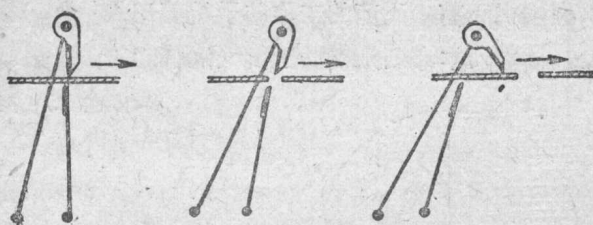


图2 杠杆-摆动式飞剪

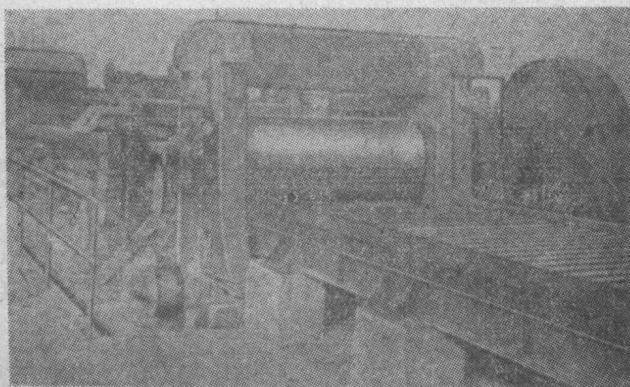


图3 滚筒式飞剪

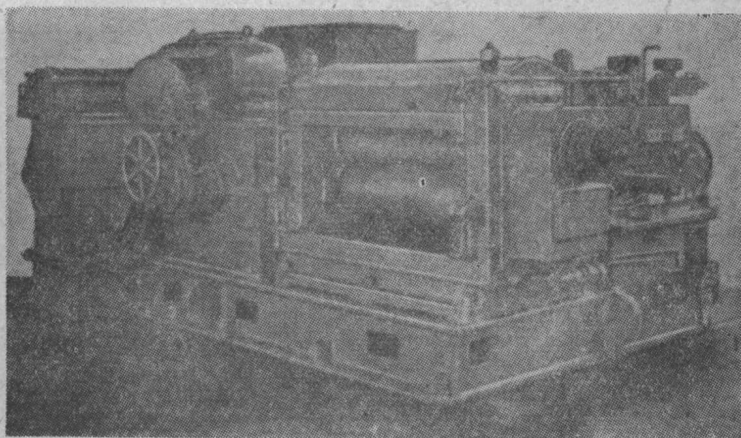


图4 剪切进给速度为4.0米/秒、长度由380~1520毫米的
冷轧薄板用的滚筒式飞剪

2. 撞击式飞剪 飞剪的工作基于被剪切的轧件沿旋轉着的砧座运动，而剪切本身則是借助于由气缸带动的凿子进行。

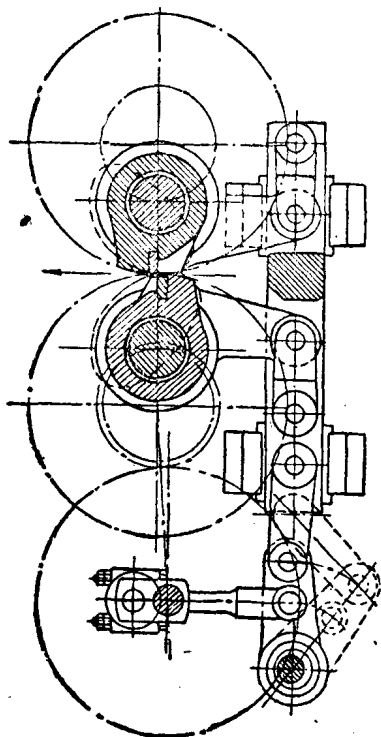


图 5 刀片作平面运动的回轉式飞剪。CKM3^① 制造，用于剪切进給速度为2.0米/秒、宽度为1500毫米的6毫米鋼板。虛綫所示为刀片切削刃的軌迹〔9〕

3. 圆盘式飞剪 飞剪的刀片为两个往不同方向旋轉的圆盘，圆盘的軸綫与被剪切金属的运动方向成一个角度。在板材軋机上不采用这种飞剪。

4. 单滾筒式飞剪 飞剪的两个刀片位于一个旋轉着的圆盘或滾筒上。

5. 双滾筒式飞剪 飞剪的每个刀片各装設在相对本身軸綫旋轉的单独滾筒上(图3和4)。

6. 刀片作平面运动的回轉式飞剪 飞剪的每个刀片沿着近似于圓周的复杂軌迹运动，在剪切瞬間，刀片位置在垂直于軋件的中心綫上(图5)。

第五和第六类的飞剪多用于剪切金属板材。

2. 飞剪的基本运动方程式

板材的剪切长度 L 是軋件在两次順序剪切間的时间間隔 t 内所走过的路程 s_0 的函数：

① 为旧克拉瑪托尔机器制造厂的縮写——譯者。

$$L = f(s_0)。 \quad (1)$$

或者，与此相同，是送料輥在两次順序剪切間的时间間隔 t 內轉角 φ_0 的函数：

$$L = f(\varphi_0)。 \quad (2)$$

在实用上此方程式具有非常简单的形式：

$$L = \frac{D_0 \varphi_0}{2} (\text{米})； \quad (3)$$

式中 D_0 ——送料輥的直径(米)。

这个方程式是飞剪的基本运动方程式最一般的形式〔6〕。以后，当把飞剪在不同具体工作情况下的数值代入后，它将变得稍微复杂些。

如果送料輥以严格不变的轉数 n_0 旋轉，則在相应的置代后得到：

$$L = \frac{\pi D_0 n_0}{60} t (\text{米})。 \quad (4)$$

方程式(4)是下述法則的代数式：即

板材在飞剪上剪切的长度等于送料輥的圓周长度 πD_0 乘以送料輥在两次順序剪切間的时间間隔 t 內所轉过的总轉数。

将軋件的进給速度值 v_0 (米/秒) 代入方程式(4)中得到：

$$L = v_0 t (\text{米})。 \quad (5)$$

如果两次順序剪切間的时间間隔 t 以刀片每分钟的轉数 n 和刀片在两次順序剪切間所完成的整周轉数 k 值来表示^①，則方程式(5)得到如下的形式：

$$L = v_0 \frac{60k}{n} (\text{米})。 \quad (6)$$

再把送料輥的轉数 n_0 代入，得到：

$$L = \pi D_0 \frac{n_0}{n} k (\text{米})。 \quad (7)$$

而当用傳速比为 i 的减速机来达到速度的机械同步时，得到：

$$L = \pi D_0 i k (\text{米})。 \quad (8)$$

① 如果刀片每轉一轉飞剪剪切一次，則 $k=1$ ，如果每第二轉时进行剪切(一次空剪切)，則 $k=2$ ，依此类推。

上面引証的方程式表明：当軋件的进給速度 v_0 不变时，板材在飞剪上的剪切长度 L 仅与在两次順序剪切之間的时间間隔 t 有关。無論是刀片切削刃的速度 v ，或者是它們固定在滾筒上的半徑，都对板材的剪切长度沒有独立的影响〔9〕。

方程式(6)表明：当在軋件进給速度 v_0 与单位時間內的剪切次数之間保持一定的比例时，在連續旋轉着的飞剪上剪切，可以得到精确的板材长度。为了能够保持这个比例，通常飞剪以一定速度 v_0 （等于送料軋的圓周速度）将軋件送入飞剪的专用軋。按照方程式(7)，如果刀片的轉数 n 与送料軋的轉数 n_0 以一定的比例同步，則可以达到所要求的板材长度的剪切精度。

在很大程度上，送料軋的結構与傳动取决于飞剪的工作条件。在大多数情况下，飞剪上装設有专用的送料軋，以保証一定的軋件进給速度。这些軋通常由飞剪的主傳动来带动，并且在大多数情况下是用减速机以机械的办法来实现同步，减速机将送料軋同飞剪联系起来，并能在很大的范围內調整傳速比。

在此情况下，板材的剪切长度 L ，按照方程式(8)，用由送料軋到飞剪的傳速比值 i 決定，此傳速比等于送料軋轉数 n_0 与刀片轉数 n 之比：

$$i = \frac{n_0}{n} = \frac{z}{z_0},$$

式中 z 和 z_0 ——飞剪与送料軋的齒輪齒数。

如果飞剪直接位于軋机的后面，則利用連軋机的最后一部机座作为送料軋。在軋机的最后一部机座內通常給的压下量很小，因此当在这部机座中軋制时“前滑”作用不大，这就可以认为軋件出軋的速度等于軋机軋軋的圓周速度。

3. 調整板材剪切长度的方法

按照上面引証的方程式，在飞剪上調整板材的剪切长度可用下述方法进行：

1) 用导入空剪切的方法，即改变 k 值的方法〔見方程式(6)、

(7)和(8))。

2)当軋件的进給速度 v_0 恆定时, 用改变刀片轉数 n 的方法〔見方程式(6)和(7)〕。

3)用改变軋件进給速度 v_0 的方法, 或者, 与此相同, 当刀片轉数 n 恆定时, 用改变送料軋轉数 n_0 的方法〔見方程式(6)和(7)〕。

4)当两次順序剪切間的时间間隔 t 恆定时, 用改变送料軋的轉角总和 φ 的方法〔見方程式(3)〕。

5)当軋件进給速度 v_0 恆定时, 用改变两次順序剪切間的时间間隔 t 的方法〔見方程式(5)〕。

在实际当中經常利用第一种和第二种方法。第一种方法用于使板材的剪切长度成倍地增加(两倍、三倍或更多)(見图10、60和65), 而第二种則用于得到中間长度(見图11、80和87)。在工作于启动制度下, 装設在冷床前面的飞剪上利用第五种方法(見图62和63)。当以普通固定式連續工作的剪断机代替飞剪时(見图37和39)应用第四种方法, 这种方法, 同样也用在送料軋具有专门规定的不均勻旋轉制度的情况下(見图23、35和58)。关于采用第三种方法的可能性見第5节“改善飞剪結構的途徑”。应当指出, 在采用第二种和第三种方法时, 無論是用“机械的”方法——用改变送料軋和飞剪間的傳速比 i 值的方法〔見方程式(8)及图11和68〕, 还是純粹用“电气的”方法(見图80和87)均可以改变飞剪的轉数 n 和送料軋的轉数 n_0 。

按上述第二、第三种方法調整板材剪切长度时, 往往有必要考虑在飞剪結構中設置专门的勻速机构。刀片运动的圓周速度 v 和軋件的进給速度 v_0 的关系在調整长度时会被破坏, 勻速机构可使这种关系在剪切瞬間得到恢复。如果没有这个机构, 板材的表面可能损坏甚至板材会被拉断, 或者軋件卷繞到飞剪的滾筒上去。可以用运动学的方法(見图16和24), 或者用改变刀片軌迹半徑的方法(見图25和29), 或者純粹用电气調整速度的方法(見图35和58)来实现这种勻速。

第二章 板材剪切綫上的飞剪

4. “查波罗什”^① 鋼厂的飞剪

图 6 是苏联最广泛应用的剪切板材的飞剪的簡化系統图，按照上面的第一种和第二种方法，用空剪切和机械的改变刀片轉数〔見方程式 (8)〕的方法来調整剪切长度。这种飞剪由剪切机构 1 (飞剪本身)；送料輥 2；改变板材剪切长度用的多級差动减速机 3；匀速用的双曲柄机构 4 和飞剪的主电动机 5 組成。为了簡化起見，無論是在图 6 上或是在以后所有类似的飞剪系統图上，均不表示沒有原則意义的普通减速机、圓錐齒輪傳动箱、飞剪滾筒和上送料輥的傳动裝置以及傳动裝置的其他元件。

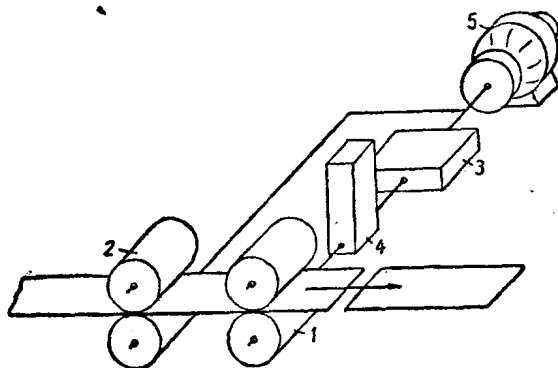


图 6 板材剪切綫上的飞剪簡化系統图

1—飞剪的剪切机构；2—送料輥；3—多級差动减速机；4—匀速机构；5—飞剪的主电动机。

图 7 是旧克拉瑪托尔机器制造厂^②制造的“查波罗什”鋼厂冷軋板材剪切綫上的飞剪。飞剪用于将冷軋軋件剪切成长度由1000

① “Запорожсталь”。

② Старо-Краматорский машиностроительный завод——譯者。

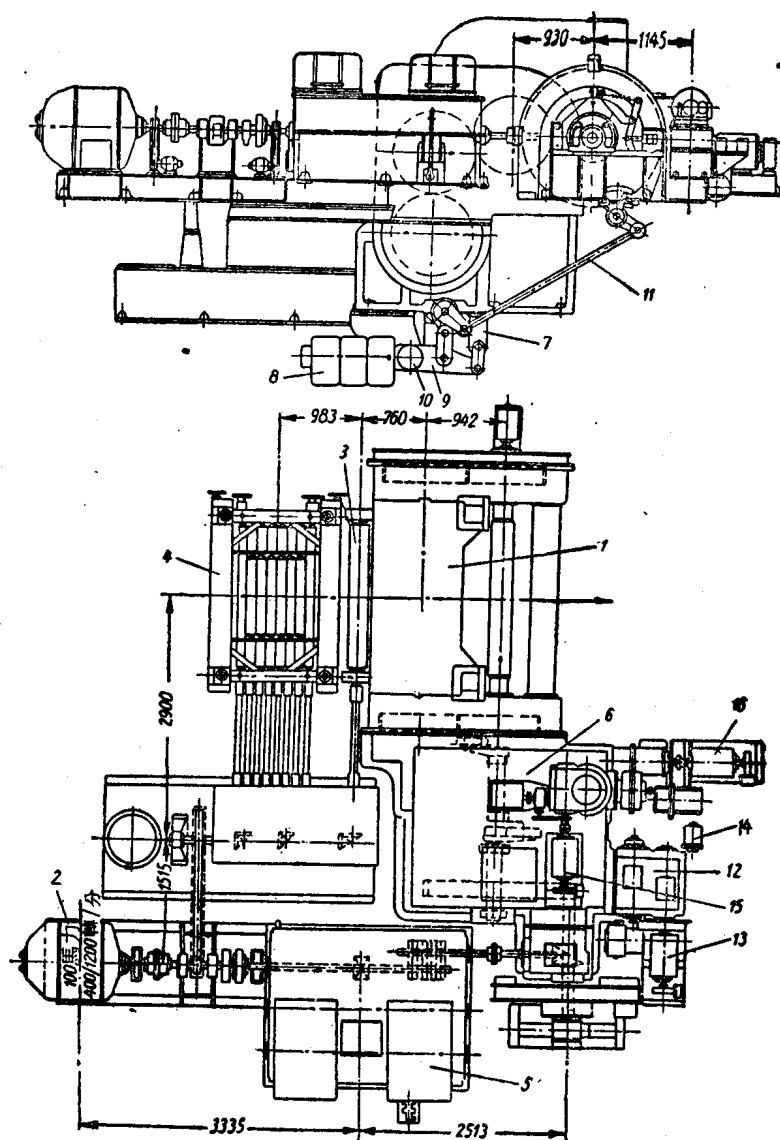


图7 “查波罗什”钢厂冷轧板材车间剪切线上的飞剪

到4000毫米的板材，并且剪切长度可以在由1000到2000毫米的范围内，每隔2.5毫米改变一次，而在由2000到4000毫米的范围内每隔5毫米改变一次，因此，这种飞剪可将轧件剪切成800种不同的长度。

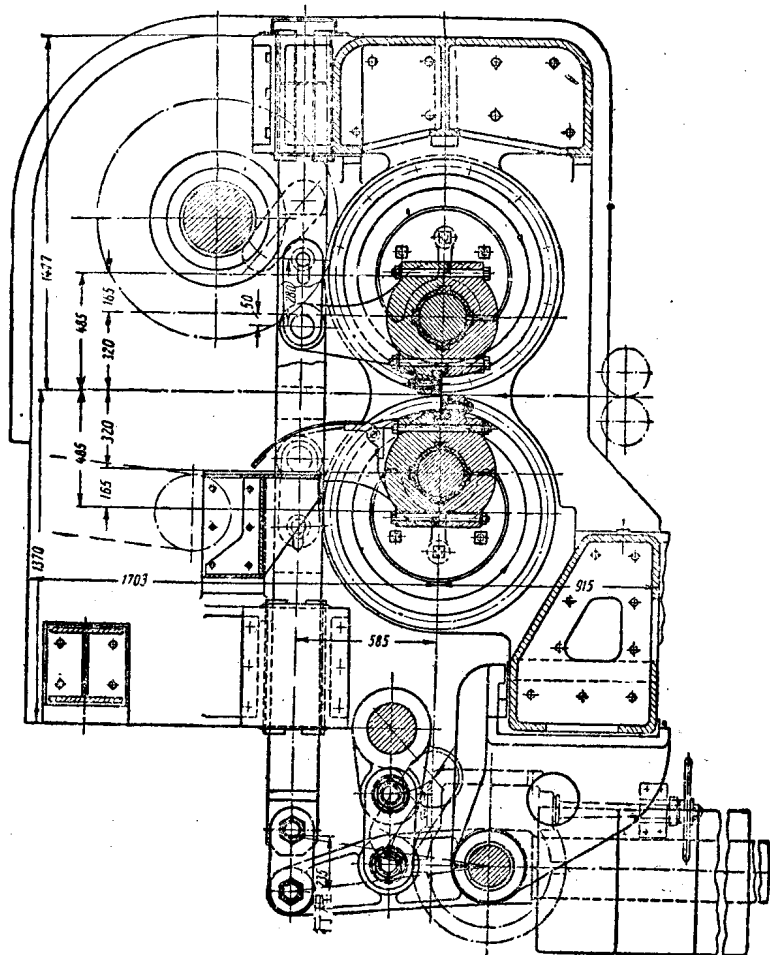


图8 飞剪的轱辘式剪切机构(与图7相关)

在剪切时所产生的作用在刀片上的最大压力为12.7吨。刀片长度等于1670毫米，倾斜度为2:350。飞剪剪切冷板材的最大宽

度为1525毫米——剪切軟鋼厚度可达2毫米，剪切特殊鋼厚度可达1.3毫米。剪切过程可在軋件速度由0.55到1.65米/秒的行进当中进行。

飞剪的剪切机构1(图7)由功率为100馬力、轉数每分钟可由400轉調整到1200轉的电动机2带动。

由同一电动机通过鏈輪傳动带动送料輥3和直接装設在送料輥前面的矯正机4。飞剪的剪切机构通过复杂的差动减速机5与电动机相联接，差动减速机在調整板材的剪切长度 L 时(第二种

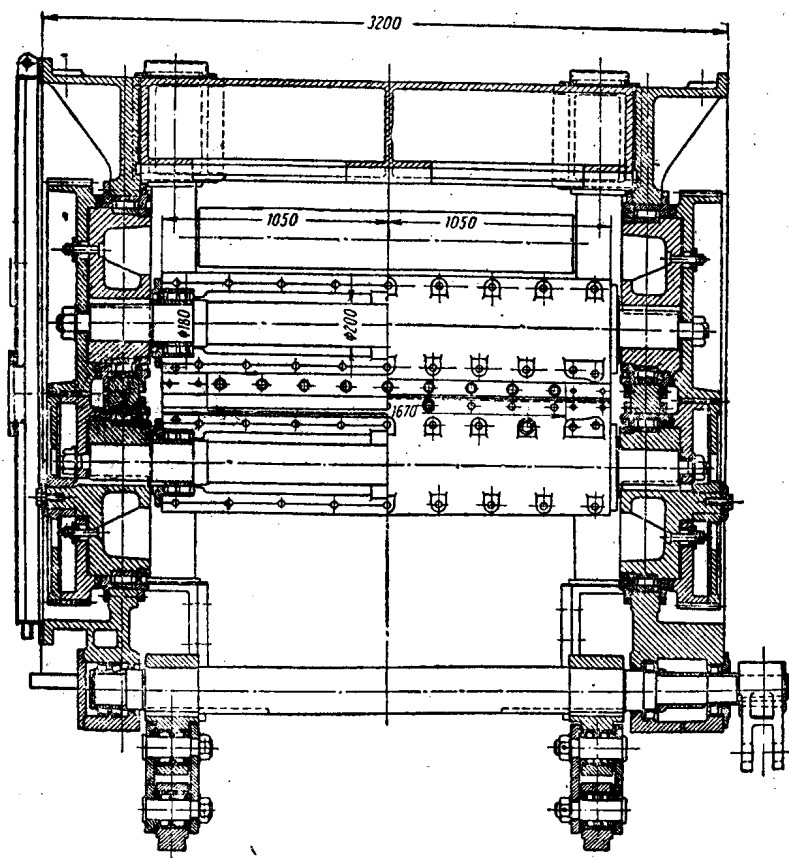


图9 飞剪剪切机构的纵剖视图(与图8相关)

方法，見第 7 頁)用于改变刀片的轉数 n ，而在剪切瞬間則用双曲柄机构 6 来实现刀片运动的圓周速度 v 与軋件的运动速度 v_0 的同步。

上述飞剪的剪切机构具有如图 8 和 9 所示的装置。上刀片固定在刀架上，刀架可在偏心地固定在飞剪主齒輪輪轂內的軸上自由旋轉^①。刀架的尾部与鉤环鉸接，鉤环可以圍繞着固定在摆动框架上的軸轉动。下刀片的固定与上刀片的固定方法类似。

上主齒輪和下主齒輪嚙合，因此它們以相同的速度往不同的方向旋轉。鉤环的长度比刀架軸的偏心稍大，因此，当齒輪旋轉时，鉤环圍繞本身的中心綫仅轉动 $90^\circ \sim 100^\circ$ ，而固定在刀架上的刀片在摆动框架不动的情况下，則沿着复杂的軌迹运动，此軌迹略与橢圓形相似(图10a)。在刀片最接近的期間进行剪切通过的軋件。飞剪的运动学是这样的：即在剪切期間刀片的运动方向和軋件的运动方向接近于垂直，这就保证了正确地剪切金属。

飞剪刀片間隙的調整系統将在以后分析(見图95)。

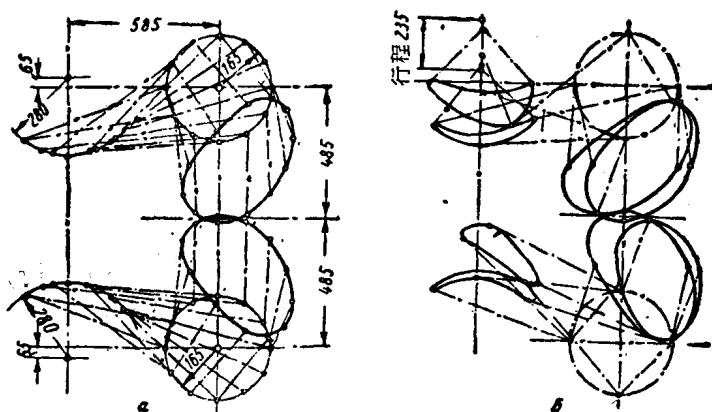


图 10 在单幅和双倍剪切时，刀片切削刃的运动軌迹
(与图 8 相关)

① 刀架在滾柱軸承上旋轉(見图 9)。图 8 上剖面图所示为在刀架中部的中間軸承。