

国外资料

表面加工硬化

内部资料 注意保存



第一机械工业部

机械科学研究院译制

1960.9. 北京

ГЛАВНИЙ ПРОЕКТ при ГОСПЛАНе СССР.

蘇聯國家計劃委員會科學研究總院

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ.

中央機械製造與工藝科學研究院

ОБМЕН ПЕРЕДОВЫМ ОПЫТОМ

先進經驗交流

УПРОЧНЕНИЕ ~~ПОВЕРХНОСТНЫМ~~ НАКЛЕПОМ

表面加工硬化

51—5

Проблема №7-6-1(стр.3,п.4)

“Исследование возможности глубокого наклепа пластин ст. 22

第 7-6-1 (Стр. 2, П. 4) 號研究課題

研究 22K 鋼板深度硬化的可能性

Центральное бюро научно-технической информации

Тяжелого машиностроения

中央科學技術情報局

Москва — 1958

莫斯科 — 1958

国外資料 艺資复字第 121 号

外 5362

机械科学研究院译制

1960年9月出版 内部发行

787×1092¹/₁₆開本 印数1—1,200册 96 千字

东单印刷厂印刷 定價 0.90 元

目 錄

庫特亮柴夫 И. В. 機器零件的表面冷作硬化，現今情況和主要方向.....	1
庫特亮柴夫 И. В. 和阿列克塞德羅夫 Б. Н 加工硬化對熱強鋼和熱穩定鋼在高溫時 疲勞極限的影響.....	31

机器零件的表面冷作硬化現今情况和主要方向

技術科学博士 H. B. 庫特亮柴夫教授

最近十年，在祖国的机械制造业里，旨在提高机器零件疲劳破坏抗力方面新的工艺过程获得广泛的应用，其本质是要在机器金属零件的表面层上预先造成应有程度的塑性变形，并达到需要深度。

由于冷作硬化，金属的表面层获得新的性能。照例，是在表面层上提高硬度以及其他强度性能，与冷作硬化的同时，在零件的表面层内产生残余压应力，而且达到很高的数值（40—70 公斤/平方毫米）。

机器零件表面层硬化是非常重要的，因为在大多数情况下，疲劳破坏的策源地就是在这些表面层上产生的。

由此可见，硬化表面层就能使整个零件强化。

在许多情况下，机器零件总是具有产生作用应力极集中的这种形状。如果拉应力集中会使零件的疲劳破坏抗力大大的降低。

在这些情况下，残余压应力随着冷作硬化就表现出特别有利，他们会显著地降低，特别在许多情况下，是完全能够消除应力集中的不良影响。

对于阐明表面冷作硬化对机器零件强度和寿命的有利影响，在苏联和国外均有大量理论和试验上的研究。多次的研究以及目前积累的丰富生产经验证明，表面冷作硬化大大地提高了机器零件和结构的工作能力。

但是，应当强调指出：零件的工作能力取决于它的疲劳破坏抗力，即取决于它受循环变化应力长期作用影响而形成和逐渐发展裂纹抗力的情况下，表面冷作硬化作用是有利的。

在下述情况下，冷作硬化不会提高零件的使用寿命，甚至会表现出有害的影响：例如工作于塑性变形抗力或者在静负荷以及瞬时动负荷而破坏的情况下。

但是机器零件受可变载荷长时间作用而遭到破坏的范围是非常大的。因此，应用表面冷作硬化，来提高疲劳强度和寿命，对于各种近代机器零件的大量产品是合理的。

本论文内叙述了进行表面冷作硬化的近代方法和所用的工具，并指出在一般情况下其应用的效果。

除此之外还引出工业上应用表面冷作硬化的经验。

表面冷作硬化的方法

目前所应用的表面冷作硬化的方法有：1) 喷丸处理硬化法，使用钢制或铁制的金属丸进行加工硬化；2) 滚压硬化法，利用辗子或滚珠，也就是把固体的辗子或滚珠压入被加工的表面内进行加工硬化；3) 锤击硬化法：利用专制锤头向经受的表面进行多次锤击，在表面上产生有规则的或无规则的塑性变形的痕迹；4) 冲击硬化法：利用旋轉硬化器进行多次有规则的冲击（把辗子或滚

珠沿旋轉盤四周安放；5) 液壓磨料硬化法：利用含有不同粒度的磨料的液體流，用壓力加壓被加工的表面上。

1. 噴丸處理硬化法能够引起金屬塑性變形比較滲入不深（在0.5—0.7毫米內），因而，對於不大的形狀複雜的零件（盤簧、板簧、齒輪以及其他等），偏重於應用此種硬化方法。噴丸處理硬化是在具有機械或風動作用原理的特殊裝置上進行。

具有機械作用原理的裝置給金屬丸流造成必要速度有兩種方法：使金屬丸從某高度自由降落（所謂引力裝置）或者利用快速旋轉轉子的葉輪把金屬丸拋散開。引力裝置在實際中還未獲得廣泛應用，僅應用於個別的情況下，例如，利用在一些要求硬化不深的精密零件上（可見金屬丸的動能很大）。多半採用萬能型轉子噴丸處理裝置，它能够傳給金屬丸流約70—90米/秒的速度。

風動作用的噴丸處理裝置上，金屬丸的速度是以壓縮空氣流傳遞。風動裝置，就其機構來說，較轉子裝置具有傳遞金屬丸流集中的優點。

其缺點是導向噴咀磨損快以及由於空氣壓力和金屬丸尺寸變動，加工過程不夠穩定。

因此目前在工業部門里，機械轉子作用原理的噴丸機獲得廣泛的應用。其中尤其是由中央機械製造與工藝科學研究院（ЦНИТМАШ）〔1〕設計的ДУ-1型噴丸處理裝置獲得了廣泛應用。

此設備是以高速旋轉的轉子將金屬丸拋擲出去的原理作為基礎，轉子的心軸被垂直安放著。金屬丸給進過程以及清理碎片過程均自動進行。

轉子的轉數為可變的。金屬丸的最大速度達70米/秒。

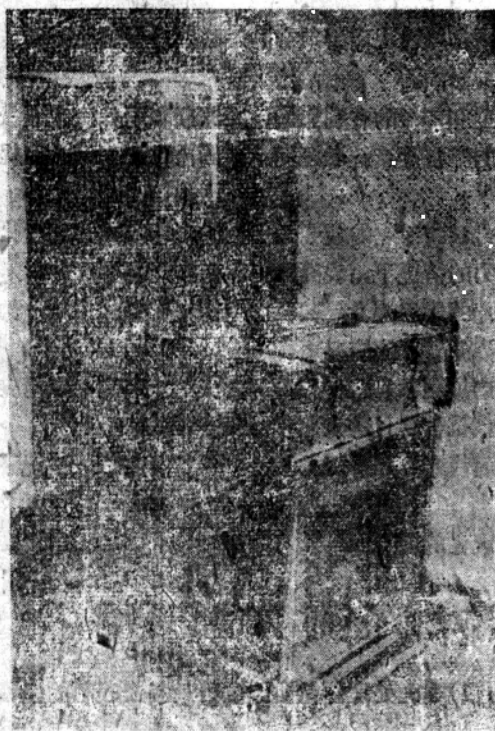


圖1 ДУ-1型噴丸處理裝置的總圖

在這種裝置上可以硬化圓形（軸、齒輪、彈簧）以及平板形的零件。

這種裝置可以利用各種不同的卡具，它們均能够把零件送進工作室。

這些卡具在每個具體情況下根據被硬化零件的形式由需要廠製造。

這種裝置（圖1）由三個主要部分組成：噴丸室、分選器和提升機。圖2系這種裝置的原理系統圖。

把金屬丸填入提升機的載荷料斗1內，用提升機再將金屬丸送到轉子進料裝置的料斗2內。這個料斗總是滿裝著金屬丸，因為提升機的生产能力大於轉子的生产能力。剩餘的金屬丸被分散到分選器的料斗3內。因此，在分選器的上部分就形成兩個金屬丸流。

进入到进料装置料斗内的那部分的金属丸经过节流阀 4 (它确定转子的生产能力) 降落在转子范轮 5 上, 该范轮传递金属丸的速度到 70 米/秒。这种金属丸就能够把被安置于金属丸流中的制件硬化。

在冷作硬化后, 金属丸沿着底部滚入提昇机下部收集器 6 内。

当冲击制件和冲击喷丸室壁时, 部分的金属丸要被劈开。

金属丸在分选器内进行挑选。

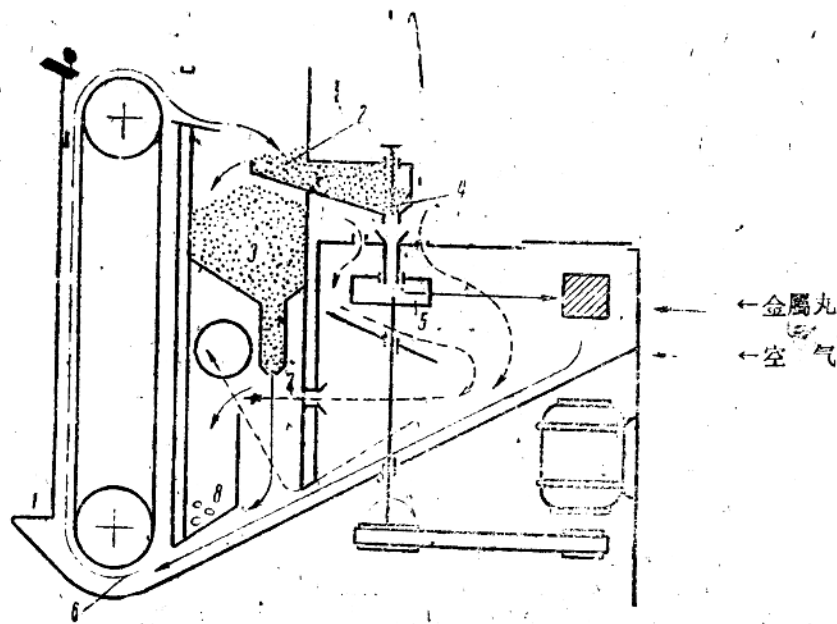


图2 DY-1 型喷丸处理装置系统图

- 1—提昇机载料斗; 2—进料装置料斗; 3—分选器料斗; 4—节流阀;
5—转子; 6—提昇机下部收集器; 7—节流阀; 8—打碎的金属丸料斗。

从分选器料斗 3 出来的金属丸 (在封闭的节流阀内装有 4300 公斤金属丸) 要经过节流阀 7, 该节流阀系确定分选器的生产能力。

在自由下落开始时, 金属丸流板过从喷丸室里抽出的快速运动的空气流。

具有很大阻力的金属丸碎片进入料斗 8 内; 完整的金属丸, 与从喷丸室出来的金属丸的金属丸相混合, 一同滚入在提昇机下部的收集器 6 内。

DY-1 型喷丸处理装置的技术规格

装料室尺寸, 毫米	1000 × 300 × 300
金属丸最大速度, 米/秒	70
转子最大生产能力, 公斤/分	130
转子直径, 毫米	300
转子转速, 转/分	从 600 到 3500

电动机功率, 瓩:

轉子 7.8

提昇机 0.6

通风机 5.4

装置輪廓尺寸, 毫米

长 2140

宽 1600

高 2500

重量, 公斤 1400

这种装置可用鋼制或鉄制丸工作, 金屬丸直徑的变动范围在0.4—2毫米。

ДУ-1型噴丸处理装置系由中央机械制造与工艺科学院 (ЦНИИТМАШ) 小批生产。此外, 某些企业, 为了自己需要, 用自己的力量制造。

为了满足工业上的需要, 集中生产噴丸机尚未有妥善安排。

这种情况阻碍了在机器制造厂里更广泛地普及噴丸处理硬化法*)。

*) 应当指出美国和西德, 在这些方面的良好經驗, 在这些国家里在各种公司里不仅生产各种不同結構的噴丸处理装置, 而且利用不同种类和尺寸相适应的金屬丸良好地装备这些装置。

2. 滾压硬化法: 輥子或滾珠滾压硬化系藉助于按装在車床或鉋床上的各种卡具來实现。这种卡具为单輥的 (图3) 或多輥的 (图4)。輥子的压力利用机械 (彈簧的) 的或液压的方法产生。对于滾压大型零件偏重于应用液压卡具, 因为, 需要很大压力作用在滾压的輥子上, 才能够产生足够深度的硬化层。

单輥卡具是用預先校准好的弹性, 元件加载, 它可以在一定范围内把規定的压力作用在輥子上。单輥的卡具比多輥的简单适用。但是单輥的卡具能够在滾压的制件上引起弯曲力矩, 并能够把横向力作用在机床上, 这样会产生被硬化的制件塑性弯曲或降低机床寿命的危险。因此, 仅在

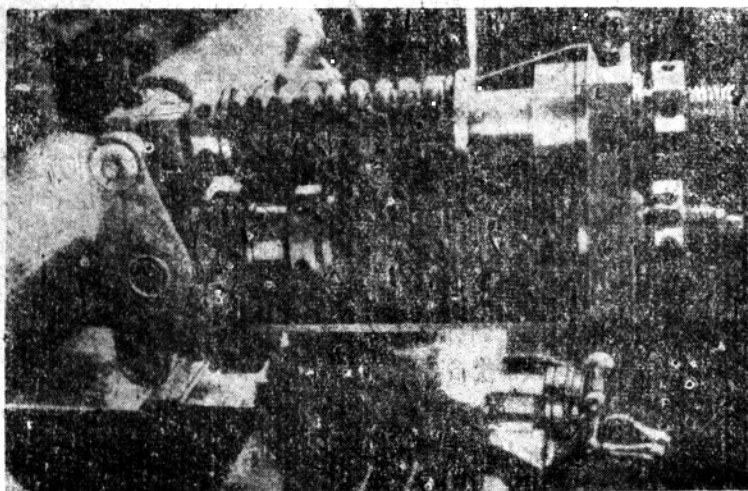


圖3 滾压大型零件用的單輥彈簧橫杆卡具 (烏拉尔重型机器厂用于滾压模
梁錘的联接杆以及軸)。輥子的最大压力为6000公斤。

硬化层深度较小和辊子上压力不大的情况下偏重于采用单辊卡具。但是，应当指出：对于在巨型机床上所滚压的大型零件，当采用单滚卡具时，辊子上的允许压力能够达到5—7吨，而硬化的深度为几个毫米。

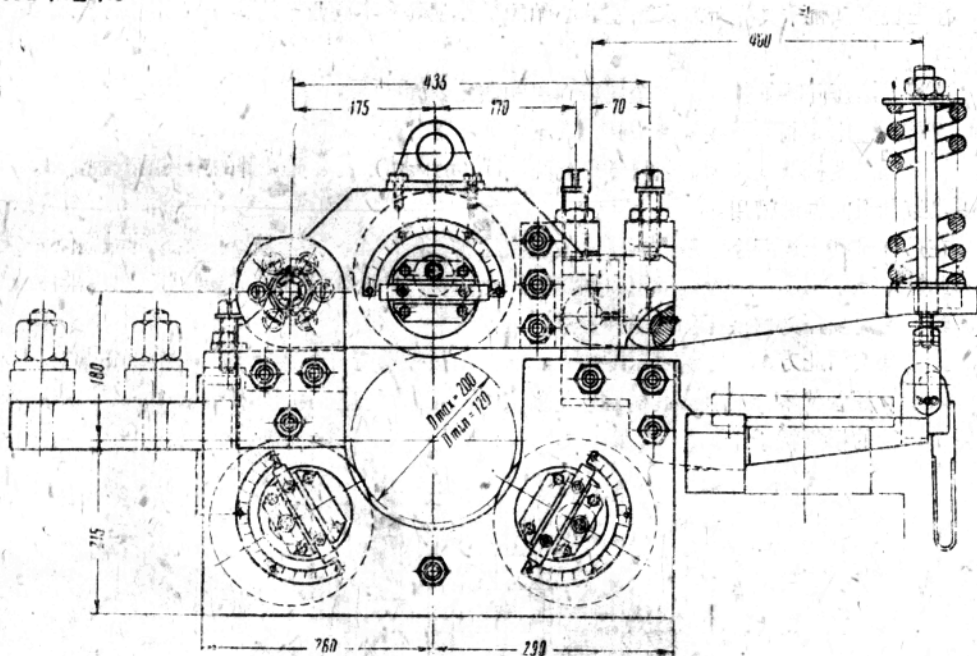


图4 滚压硬化120—200公厘直径圆柱体零件用的三辊卡具。

在两辊和三辊卡具上会产生挤压辊子的力。这些力就平衡在被滚压的零件和卡具系统的一个平面上。因此，就解除了刀架横向作用在机床上的力，而被滚压的零件也免受弯曲。

图4所绘的三辊卡具系中央机械制造与工艺科学研究院（ЦНИИТМАШ）〔2〕制造的，供120—200毫米直径轴冷作硬化用。辊子作用于被滚压轴上的压力是利用杠杆和校准弹簧系统进行。在这种卡具上辊子最大压力约为7吨。

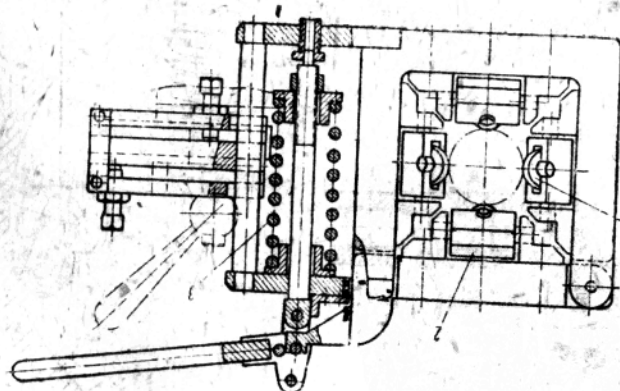


图5 滚压曲轴沟槽用的四辊子卡具

类似结构的卡具被应用于某些企业里（车里雅宾斯克钢管轧制工厂、第聂尔彼得罗夫斯克以第捷尔仁斯基命名的冶金工厂、运输机器制造厂——滚压机车辆以及其他等）。

在三辊或两辊卡具上可以应用在其心轴的平面上具有不同曲率的辊子（所谓辊子的异形半径）。

这样在滚压同时就能够硬化金属表面层和抛光表面。

目前制造出专制辊子或滚珠卡具，供硬化具体零件用。

图5系中央机械制造与工艺科学研究院（ЦНИИТМаш）〔3〕设计的卡具的一种，用辊子滚压硬化柴油机曲轴沟槽用。

在这种卡具上把四个滚压的辊子，安置在迴转套圈2上，并与被滚压轴颈的轴线倾斜成 45° 角。此时，处于水平的一对辊子指向轴颈的一个沟槽，而处于垂直的另一对辊子则指向另一个沟槽。辊子的需要压力由横杆和校准弹簧进行。

把卡具按如此方式固定于机床刀架上，即在轴颈颤动时，卡具能够随着轴颈心轴移动。

对于滚压管状零件或具有孔的零件的内表面，可采用侧压滚珠刀杆卡具（图6）或者采用类似图7所绘的横杆辊子卡具〔4〕。

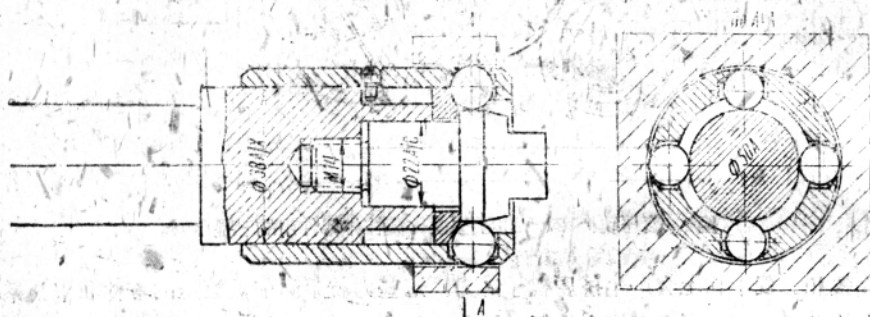


图6 滚压柱体内表面用的侧压滚珠刀杆。

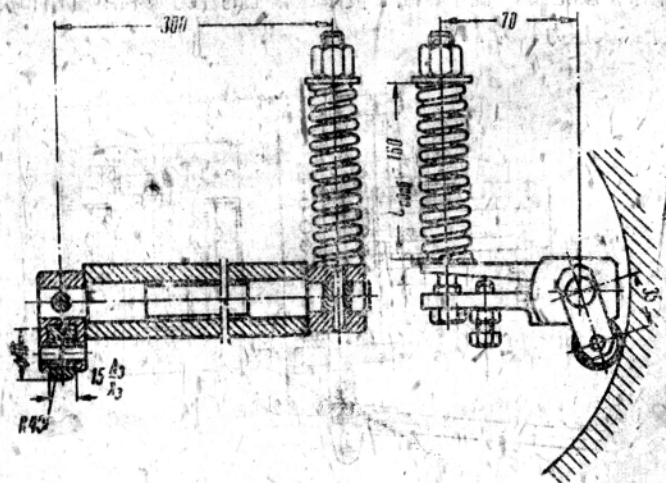


图7 滚压柱体内表面用的横杆辊子卡具。

經常利用軋子或滾珠滾壓零件，來達到表面需要的精度。為此目的，在許多情況下，為了達到冷作硬化，均能利用不同卡具在機床上進行〔5〕。

目前在蘇聯尚未有組織集中生產滾壓硬化零件用的滾壓卡具或專用機床。某些國外企業公司的實踐值得注意，這些公司均成批製造，還不僅承受有關企業所需要的各種卡具；而且也承受製造滾壓硬化零件用的專用機床。圖8系西德“海根席特”(Хейншейд)公司成批生產的用於車床上專用區滾壓卡具〔6〕。這種卡具能夠滾壓直徑由22到133毫米的零件。西德“海根席特”公司和美國“瓦依剛—阿蘇西也特斯”(Вайган Асоушвейтс)公司(系“海根席特”公司在美國銷售代表)均大力宣傳用軋子滾壓硬化零件用的專用萬能機床(圖9)。



圖8 車床用的雙軋液壓卡具

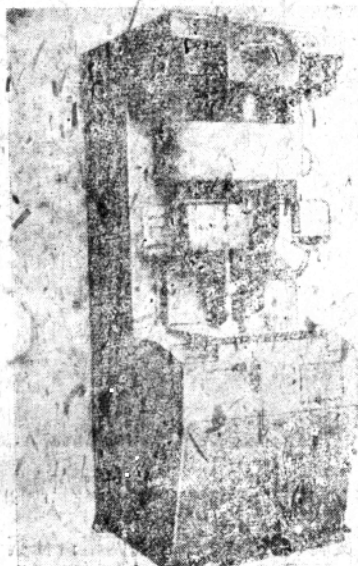


圖9 “海根席特”公司(西德)生產的軋子滾壓冷作硬化用的萬能機床。

3. 錘擊硬化法系利用專用錘頭錘擊被硬化的表面。最普通形式是利用風動錘由人工進行錘擊硬化。

球形風動沖擊能夠使零件硬化處形成凹坑。由人工進行的這種硬化很難檢查，因為分布在表面上的凹坑是不規則的。但是，這種手動風動工具具備了應用於大型尺寸零件的結構上和其他工具很難加工的地方上的優點。

對於大型焊接結構最好應用手動風動冷作硬化(老克拉瑪托爾斯基機器製造廠)。這種冷作硬化能夠提高結構的疲勞強度〔25〕。

利用旋轉體機床硬化的風動錘是這種錘擊方法進一步發展〔7〕。固定在車床刀架分開支持器上的風動錘擊工具能夠在相當速度旋轉的零件表面上進行有規則的錘擊。同時利用自動絲槓就能够使機床刀架沿制件心軸移動。

在最近時期內，也設計了許多彈簧衝擊器結構，利用凸輪軋工作〔8〕。對於硬化圓表面和平表面最好應用這種機械衝擊卡具。

機械傳動的衝擊卡具應用於供硬化已規定零件用的普通金屬切屑機床或專用機床上。為了硬

化已規定零件，这种机床仅以单独方式制造。制造和利用这种冲击平面零件的专用机床在新克拉瑪托爾斯基機器制造厂（НКМЗ）获得了良好經驗。

图10系这个工厂制造的四軸冲击机床—冲击器，用于大型平板零件表面冷作硬化。机床框1直接地固定在被硬化的平板零件2上，框的滑座通过自动横向进給4就沿着导轨3运动。弹簧冲击器5通过凸輪輓由单独电动机6带动。整个框縱向进給和固定在框上弹簧冲击器的縱向进給由人工利用手把7轉动絲槓來带动。在新克拉瑪托爾斯基機器制造厂（НКМЗ）曾制造了一些这种卡具，它非常适用于硬化軟鋼平面的零件。

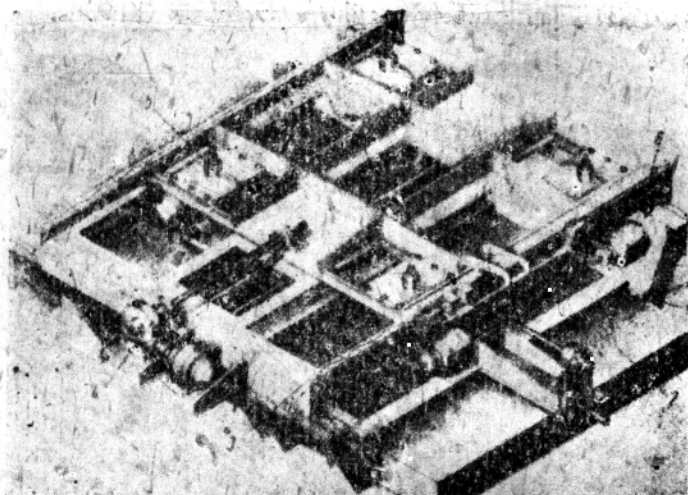


圖10 用冲击法硬化大型平板零件的四軸机床。

4. 旋轉硬化器可以分成兩組：在第一組的硬化器內利用滾珠的離心力。把滾珠分布在旋轉四周的凹巢內，這樣就能使滾珠向徑向方向移動〔9〕。这种硬化器系統由工程師 M. И. 庫澁明

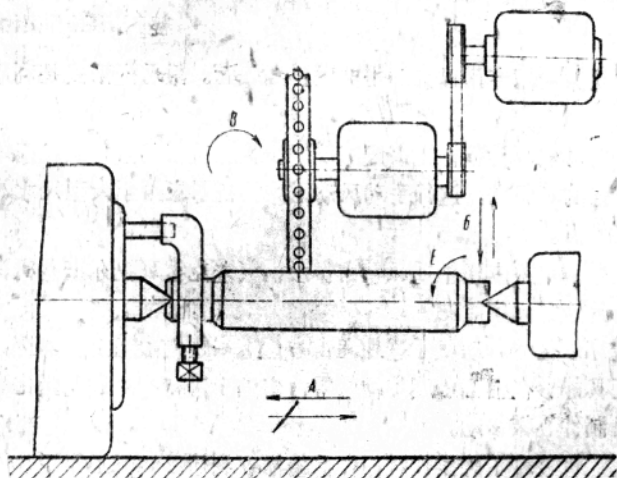


圖11 M. И. 庫澁明工程師建議的旋轉滾珠硬化器系統

建議的，繪于圖11上。這種類型的硬化器具有高度的生產能力（沖擊制件每分鐘約一百萬次）。

這種專用結構的硬化器系供硬化各種不同零件之用。圖12系軸溝硬化器。

這種硬化器的缺陷有：滾珠室尺寸比較很快地失去精確度；硬化深度有限。但是，在某些的情況下（尤其是加工內表面時）旋轉硬化器是最適合的工具。

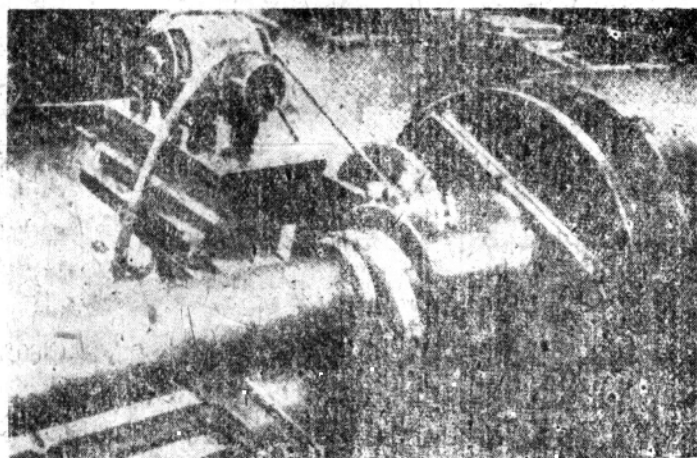


圖12 利用M.H.庫茲明工程師建議的旋轉滾珠硬化器硬化溝軸

屬於第二組的有這樣的旋轉硬化器，即進行硬化的滾子固定在軸上，也同樣分布在旋轉輪盤的四周上。

這種類型的卡具是（圖13）新克拉瑪托爾斯基機器制造廠制造的〔10〕。

在這種卡具上在同一時間內可以允許一些旋轉輪盤工作，輪盤均布有進行硬化的滾子。

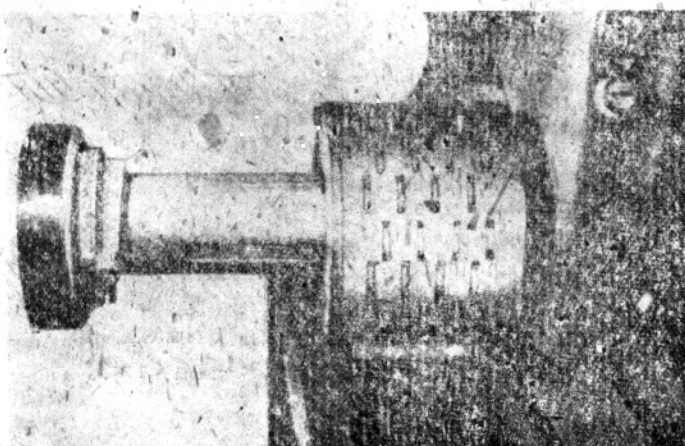


圖13 固定在銑床上的旋轉滾頭（HKM3）。

5. 液壓磨料硬化與表面液壓拋光同時進行。

加工過程是在於含有不同粒度磨料的液體流受壓力作用沖向加工的表面。

被加工表面的質量取決於磨料顆粒大小與液體流速度。

液压磨料加工装置具有不同的結構〔11〕。

按工作液体进給方式可分成两个組：

一組是把裝置內的液体通过自流方式或者以压缩空气送入喷嘴內。另一組是把裝置內的液体借助压缩泵的压力送入喷嘴內。

利用压缩泵进給液体的裝置获得了广泛的实际应用。

液压磨料加工時硬化深度极浅（几个忽米）。但是，这种硬化在改进表面精度的同时能够显著地提高零件的疲劳强度和寿命〔12〕。

硬化接触表面和構紋來同时提高其疲劳强度和相对移动抗力

大家都知道，鋼制零件与其他零件接触地方的疲劳强度的降低是非常剧烈的。

例如，疲劳强度显著降低的有以下接合类型：轴与軸套接合；装成的弹簧板；各种框架結構搭接和連接地方的接合以及其他等。

鋼制零件的疲劳强度由于与其他連接零件接触会显著地降低，能够达到60%或者超过〔13、14〕。降低原因是零件接触区接触腐蚀和应力集中。

最好，在某些結構上增加接触表面互相的剪切抗力，尤其是对大型压力机的框架結構，增加板的移动抗力就能够产生提高框架結構的刚度和强度。

ЦНИТМАШ〔15〕所建議的接触表面加工的方法旨在增加結構元件接触区疲劳强度，同时也提高接触表面相对移动抗力（剪切抗力）。

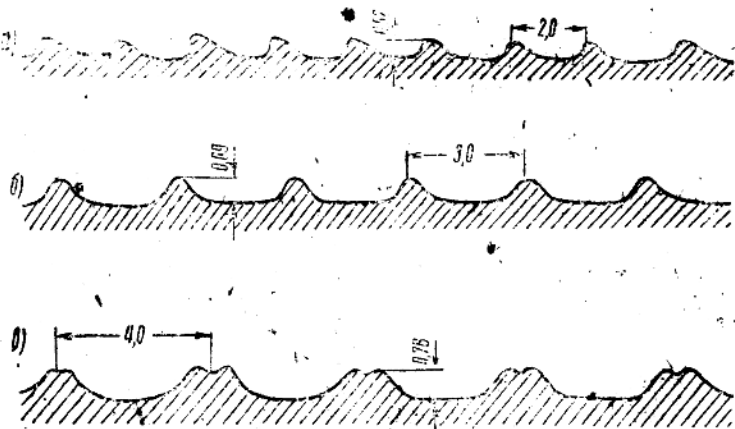


圖14 用冲击器（ $R=2$ 公厘）加工的鋼板表面的剖面圖：

a—橫距2毫米；b—橫距3毫米；c—橫距4毫米。

建議方法的本质如下：

由于接触表面受专用錘多次冲击，因而已加工的表面就具有沟紋如很高的刃沟〔图14〕。这种硬化的結果，在接触零件的表面层上就能够提高硬度，也能产生有利的压缩內应力。

造成这种压缩內应力（残余应力）硬化的表面层就能够对消除接触腐蚀和对零件接触疲劳强度中应力集中的不良影响。同时在一一定的正压力对他们作用時，形成的刃沟的表面（高为0.5—1.0公厘）显著地提高了已加工表面的移动抗力。

由于上述的加工，移动抗力比铣加工表面移动抗力提高数十倍。

仅为了提高板的移动抗力或者仅提高其疲劳强度，或者同时提高疲劳强度和移动抗力。均可以应用这种板表面加工方法。

对于沟纹表面硬化可以利用各种冲击卡具（弹簧或者风动冲击器以及旋转圆盘硬化器）。

对建议的硬化方法可以用平板钢（CT.3）试样进行试验检查。把专用冲击卡具安在铣床上，利用V8钢锤头（ $R_c=55-60$ ）进行硬化加工。

卡具总图示于图15上。

硬化加工规范

锤头冲击数、分	750
纵进给，毫米/分	300
锤头半径，毫米	2
锤头冲击能，公斤米	0.4



图15 硬化平板形成沟纹用的单轮弹簧卡具总图。

处理试样沟纹横距为2、3和4毫米，（见图14）。

如果间距增加，凸峰高度也随之有些增加（由0.52到0.78毫米）。

已硬化表面层的厚度约为1.5—2毫米（按硬度变化从根部底算起）。硬化结果，平板表面硬度从135提高到210—225HV*。

在专门试验中指出，用这种方法硬化的表面压缩剩余应力能达到极高数值（到60公斤/平方毫米）。有利的剩余应力渗入深度大致适于已硬化层的深度（约2毫米）。

曾用三块成套平板（图16）以螺栓与弹簧紧固，在正压力下进行剪切力试验。

试验结果列于表1内。

从这里看出，平板硬化加工（沟纹）结果，按其沟距，获得了极高的剪切机力（从0.9—1.3到9.7—48.5吨）。由此可见，已硬化加工平板的剪切抗力增加10—40倍（与铣加工表面比较）。

*原文为 R_c 可能为印错了，应改成HV——译者注。

表 1

銑加工和硬化加工平板的剪切試驗結果

(平板接触面积 $2F = 2 \times 70 = 140$ 平方毫米)

已加工表面的状态	正压力 N. 吨	剪切力 P. 吨
銑加工表面	3.5	0.9—1.3
硬化加工沟距为 4 毫米表面	3.5	9.7—13.4
同上, 沟距为 3 毫米。	3.5	18.6—25.5
同上, 沟距为 2 毫米,	3.5	42.8—48.5

經驗同样証明, 如果把硬化层板装成交錯的形式, 即一块平板上的凸峯与邻近板的凹谷对应, 这时板的剪切抗力非常高。

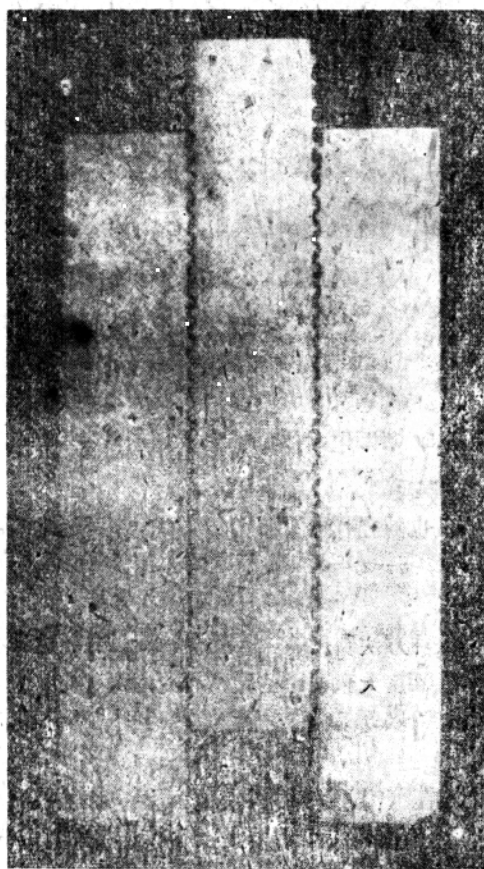


圖16 用來剪切試驗冲击硬化的層板。

如經驗証明，硬化板（沟距为3毫米）交錯成一定的角度（从正切角到3:100），虽然降低剪切应力值，但是剪切应力值仍然是很高的（比銑加工表面大9—12倍）。

如上所述，用冲击器在平板上加的“細沟”使平板在接触地方具有极高的疲劳强度。

平板接触表面沟紋硬化对其疲劳强度影响用专用的螺栓連結平板模型來确定（图17）。

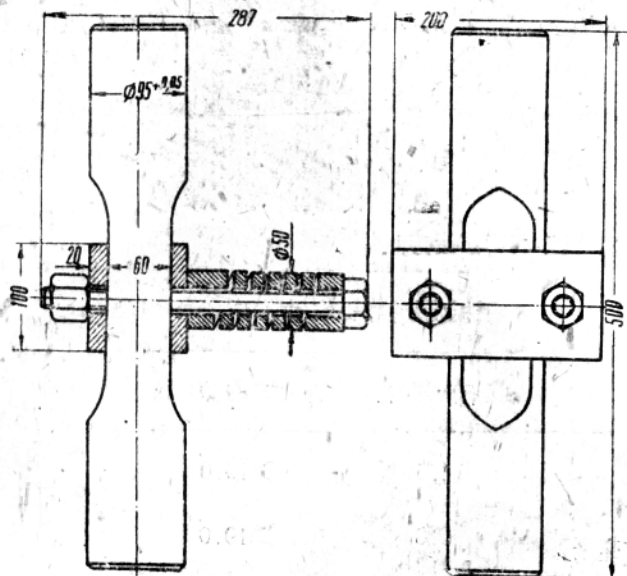


圖17 用來試驗弯曲疲劳有压板的溝紋平板模型。

模型是60毫米厚的平板，在兩側用兩螺栓把兩塊各厚20毫米压板压在平板上。为了在压板与平板之間造成控制标准压力，在螺帽（或螺栓头）与压板間的两个螺栓上套以勻調的弹簧。

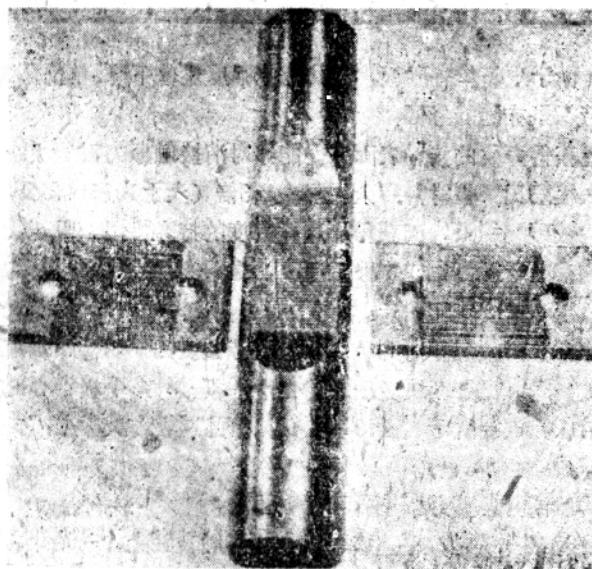


圖18 平板与压板溝紋表面。