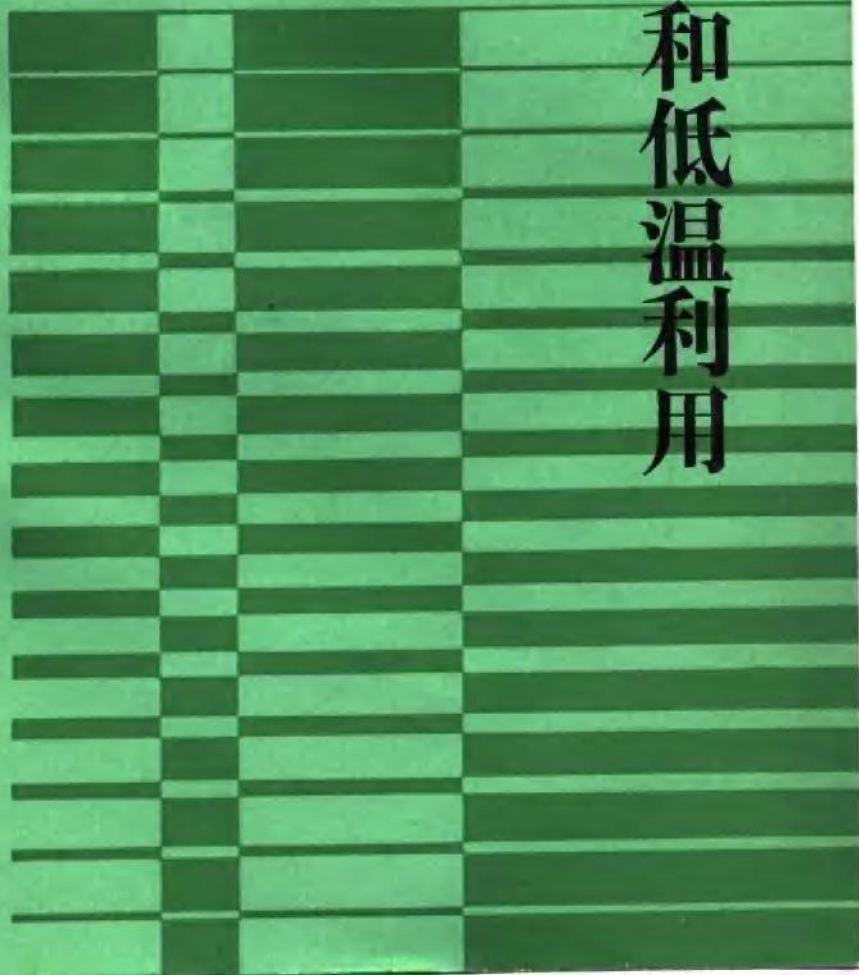


[日本] 冈本定次 土井雅博 著
李文彬 庞桂芝 邱桂兰 编译

机械工厂和低温利用



兵器工業

.3

机械工厂和低温利用

〔日本〕岡本定次 土井雅博 著
李文彬 庞桂芝 邱桂兰 编译

•

(北京市海淀区车道沟10号)

兵器工业出版社 出版发行

新华书店总店北京科技发行所经销

华新科技印刷厂印装

•

开本: 850×1168 1/32 印张: 5.125 字数: 132千字

1988年11月第1版 1988年11月第1次印装

印数: 2000 定价: 3.00元

ISBN 7-80038-040-8/TG·3

译 者 的 话

岡本定次、土井雅博共著的这本书(1981年12月25日第一版),是一部低温工程新技术在机械加工中应用的专著。

全书围绕着如何提高加工零件尺寸精度、表面粗糙度及延长刀具寿命等问题,阐述了低温切削的基本原理、加工方法及低温装置等;并通过大量实验数据证明是一种较好的加工方法。

由于我国在低温加工技术方面还处于初始阶段,技术资料甚少,因而译出此书,可供工程技术人员、学校教学人员等的技术开发和教学参考,为发展低温加工新技术作一点贡献。

本书由李文彬、庞桂芝、邱桂兰编译,由刘孝慈、李文彬主审。

1988年1月8日

原 书 再 版 前 言

已故的岡本定次先生于1921年（大正10年）东京大学毕业后，到陆军兵工厂任工程师，担任过机床的设计和制造任务，掌握了精湛的技术。后任大阪工大和武藏工大的教授。退职后任名誉教授，不幸于1978年去世，终年80岁。

他编写了日本机床一书，是机床工业创始人之一。他写的「机床构成」一书成为名著被广泛使用，并多次再版发行。

这次是以岡本定次先生的遗稿为基础，由他的学生土井讲师（武藏工大）重新修改出版的。

1981年11月

东京工业大学名誉教授

武藏工业大学教授

益 子 正 巳

原 书 序 言

目前产业界的竞争日趋激烈，为了在竞争中取胜，工厂的开发和效率的提高是重要的一环。特别是在机械生产中，提高机械加工技术非常重要。现在看机械工厂的现状，近数十年来刀具材料的改良有明显的进步，对机床也进行了改良，在提高加工效率方面起了重要作用。

在切削加工中，对提高零件尺寸精度、表面粗糙度、延长刀具寿命等问题进行了种种研究和改进。关于机床存在的问题是运转中的热变形对零件精度产生重大影响。

对于切削加工，采用低温切削方法有效。关于机床尽量采用排除热变形的办法。对此提出了各式各样的方案。通过降低机床用润滑剂的温度，积极防止热变形。即提出通过机床冷却的方式，在切削加工和机床中使用低温装置的方案。

本书共分三篇。第一篇收集了机械工厂的现状，机械加工和温度的关系，在机械工厂中利用低温的必要性、经济性，冷却系统化及冷却装置的基本计算等。第二篇收集了关于低温利用的研究，实验效果。重点放在对刀具内部冷却方法的切削效果及其原因的新方案探讨上。第三篇作为结束语，收集了今后机床的改良等。附录收集了有关冷冻装置的主要资料。

全书就在机械工厂中使用低温的必要性阐述方面尽量浅显易懂，考虑到有助于从事这方面研究的机床厂家的技术人员、工厂管理人员、经营人员、技术人员使用，进而将来进一步发展，对学生们有帮助的话，我是非常高兴的。

在编写此书的过程中，引用了不少文献，在此对这些作者表

示谢意。对组织出版的内田老鹤圃新社的诸位先生，特别对担当编辑工作的中村俊邦先生深表谢意。对封面设计、本文校对以及帮助实验和研究的武工大的副教授安味贞正，北海道工大副教授工科博士凑纯一郎，技术员明石诚一郎以及从事毕业研究的学生们表示感谢。

另外，对提供贵重资料及大量切削材料，帮助调查研究的人们表示感谢。

1977年4月 作者

目 录

第一篇 机械工厂和对温度的措施

第一章 概述	(1)
1.1 航空发动机气缸的精加工	(1)
1.2 恒温室的管理	(2)
1.3 体内热量的耗散	(2)
1.4 热压配合和炮身	(4)
1.5 加工尺寸的允许公差	(5)
第二章 机械工厂的概况	(6)
2.1 机械工厂	(6)
2.2 机床的分类	(6)
2.3 机床的生产动向	(10)
2.4 机床的省力化	(10)
第三章 机床和温度	(14)
3.1 机床的热刚性	(14)
3.2 机床的加工精度	(17)
3.3 机床的热控制	(19)
3.3.1 热控制的对象	(19)
3.3.2 热控制的方法	(19)
3.4 用温度控制抑制机床的热变形	(21)
3.4.1 卧式镗床的例子	(21)
3.4.2 主轴的热控制	(24)
3.4.3 平面磨床热控制举例	(24)
3.5 空气温度的影响	(25)

3.5.1	SIP工厂的例子	(26)
3.6	机床的摩擦和温度	(27)
3.6.1	一般现象	(27)
3.6.2	切削温度	(28)
3.6.3	导轨面的温度	(29)
3.6.4	轴承的温度	(29)
3.6.5	齿轮装置的温度	(32)
3.6.6	机床油的温度	(34)
第四章	切削刀具的磨损	(38)
4.1	刀具磨损的特征	(38)
4.2	刀具磨损的机理	(38)
4.2.1	机械性的机理	(39)
4.2.2	物理、化学的机理	(39)
4.2.3	刀具磨损、寿命和温度	(41)
4.3	关于扩散	(42)
4.3.2	扩散现象	(42)
4.3.2	扩散速度	(43)
第五章	低温切削概要	(46)
5.1	低温的概念	(46)
5.2	切削加工和辅助能量的利用	(49)
5.3	切削温度和低温利用	(50)
5.4	低温切削	(52)
5.4.1	概况	(52)
5.4.2	液态二氧化碳的利用	(53)
5.4.3	用冷冻装置切削油的冷却	(54)
5.4.4	“零度以下”的低温切削	(56)
5.4.5	益子教授等对低温切削的研究	(57)
5.4.6	电子冷却切削法	(59)
5.4.7	用液态氮的冷却切削法	(62)

5.4.8	由刀具内部冷却法的切削·····	(62)
5.4.9	低温切削的总结·····	(64)
5.5	封闭回路冷却装置的利用·····	(65)
第六章	机械工厂的冷却系统·····	(67)
6.1	冷却系统的利用·····	(67)
第七章	冷却装置的基本计算·····	(70)
7.1	冷却装置使用的目的·····	(70)
7.2	冷冻机的选择和使用方法·····	(70)
7.3	冷冻机的基本计算·····	(71)

第二篇 研究和实验

第八章	机床模型的热变形实验·····	(75)
8.1	实验方法·····	(75)
8.2	实验结果和研究·····	(76)
第九章	冷却切削油的切削实验·····	(79)
9.1	冷却方法·····	(79)
9.2	冷却装置的规格明细表·····	(81)
9.3	实验条件和方法·····	(82)
9.4	实验结果与讨论·····	(83)
第十章	刀具内部冷却法的切削·····	(85)
10.1	概述·····	(85)
10.2	刀具寿命与切削温度·····	(85)
10.2.1	概述·····	(86)
10.2.2	冷却切削装置·····	(87)
10.2.3	刀具磨损·····	(89)
10.2.4	切削温度同刀具寿命的关系·····	(93)
10.2.5	小结·····	(96)

10.3	关于切削机理及冷却效果·····	(97)
10.3.1	概述·····	(97)
10.3.2	切削机理·····	(98)
10.3.3	实验方法·····	(99)
10.3.4	实验结果与讨论·····	(100)
10.3.5	小结·····	(107)
10.4	关于扩散磨损的冷却效果·····	(108)
10.4.1	概述·····	(108)
10.4.2	扩散·····	(109)
10.4.3	实验方法·····	(112)
10.4.4	实验结果·····	(112)
10.4.5	小结·····	(117)
10.5	关于加工精度及冷却效果·····	(117)
10.5.1	概述·····	(118)
10.5.2	切削热对加工精度的影响·····	(118)
10.5.3	实验方法·····	(119)
10.5.4	实验结果·····	(122)
10.5.5	小结·····	(128)
10.6	关于磨料磨损及冷却效果·····	(130)
10.6.1	概述·····	(130)
10.6.2	实验装置及条件·····	(130)
10.6.3	实验结果·····	(131)
10.6.4	小结·····	(132)
10.7	关于刀具内部的温度分布·····	(134)
10.7.1	概述·····	(134)
10.7.2	实验方法·····	(134)
10.7.3	实验结果·····	(134)
10.7.4	小结·····	(135)
10.8	本章总结·····	(137)

第三篇 结 论

第十一章 总结	(139)
11.1 封闭回路冷却液循环式冷却系统的利用.....	(139)
11.2 今后的低温切削法.....	(140)
11.3 今后的机床.....	(141)
资 料.....	(146)

第一篇 机械工厂和对温度的措施

第一章 概 述

1.1 航空发动机气缸的精加工

大约在60年前的1921年，笔者从学校毕业后立即到大阪炮兵工厂就职(后来的陆军兵工厂大阪工厂)，被分配到汽车车间。就是汽车，当时在一般民间只有极少的厂家制造，即使工厂生产军用汽车也是如此(每月2台)。

当时，意大利的劳恩(RHONE)公司已生产20台 航空 发动机，它是120马力空气冷却， 9 气缸星型发动机。

这种发动机气缸的内孔是经抛光加工，尺寸精度也只是当时汽车用气缸的1/5。因为当时不能像现在这样，虽采用了各种各样的抛光方法，最后还是一个棘手的工序，其解决方法如下。

该气缸的内孔是用贝尔特(HEALD Co.)公司的卧式内孔磨床逐个进行磨削加工。因为当时没有内孔磨床，想办法用类似的磨床、磨具代替。选用较好的牛皮数条合起来做成圆形，安装在立轴上，进行所谓研磨，去掉磨削余量，已为满足。现在看来，虽是一种原始的加工方法，但发动机可以安全运转。

这时，因为研磨作业中气缸内孔的温度比室温约高20℃，所以在加工内孔为 $\phi 160\text{mm}$ 大0.04mm时作为极限尺寸，用测微仪测定之后研磨加工就结束。用湿式加工，至少考虑加工温度与室温相当，在这期间限定加工20台份。总之，这样的气缸加工方法在试运转50小时的连续实验中，得到满意的结果。这样一来，对于年轻的技术人员来说，在加工温度和产品精度的关系上深入研究是更为困难的事。

1.2 恒温室的管理

从1926年—1927年间,在工厂内解决了设置工具车间的方案。以前具有一万工人和数千台机床的工厂里所使用的刃具量具要在各自的制造所或者工厂里自己制作,或是外购,为了规格合理化,提高产品精度统一的观点,所以要集中在一个刀具工厂里。其结果达到了预期的目的。特别是刃具类规格的统一和量具尺寸精度的提高、计算的标准化等方面对于兵器制造具有很大的贡献。

在这个工具车间里,开始设有恒温室,保证了量具尺寸精度。其温度在 15°C 到 20°C 。并且还设置了具有耐振台面蔡氏(德国)制和其它外国制造的精密测量仪,用以进行量具测定。

为了做好工具车间建设的准备工作,著者本人被派出去到欧美各国参观了精密机械工厂和购买精密仪器。当时正值德国在第一次世界大战失败后,国内采取了自立更生,自救经济的政策之后,又进一步开展了产业合理化的运动。我们一行四人,由当时的三菱商事柏林分店机械部的森川觉三氏(后来的日本能源协会会长)为向导,在参观REINECKER公司工厂时,恰巧来到了精密测定室,接待人员说:“请稍等一等”,不知为什么不让我们看,我们正在犹豫时,很快从里面走出5个人来,说“请”,并把我們领到室内,当然是要换鞋的。

看来这是一个恒温室,因工作人员要限定人数,所以我们只进去5个人,另外5个人在外面。这里温度控制得特别严格,人多,热气大,人会出汗的,这是应该想到的。所以必须认真遵守精密作业的温度规则,在操作时应牢记在脑海中。

1.3 体内热量的耗散

包括人在内的恒温动物,为了保持体内恒温,适应外部环境,必须通过体内热量的产生和扩散来调节体温。人或动物在运动和工作时都需要摄取食物来增加体内的热量。为维持生命需热

量最小限度值是：日本成年男子每天约1370kcal,体重1kg1h需1kcal。女子一般比男子低。每日平均需要1120kcal。

在日常生活中也要增加热量，在低强度劳动时，日本男子每天需2500kcal，女子需2100kcal。对于激烈的劳动者所需增加的热量就更不用说了。

身体各组织产生的热量通过血液输送，经各经络向体外散发。根据M·RUBER，中等气温、无风、立正姿式、轻装的情况下，体热散发的比例如表1.1所示。

体内热量的扩散主要靠肺表面的水分蒸发和皮肤表面的辐射、传导和蒸发三项来进行的。从肺表面的水分蒸发的放热，主要是靠呼吸进行的。由皮肤放热是体热放热中最重要的，占全部放热

表1·1 体热放散的比例(成人)

	热量(kcal)	比例(%)
呼 吸	35	1.29
劳 动	51	1.89
食 物 加 温	42	1.55
水分蒸发(含呼吸的水分)	558	20.67
传导(含对流)	833	30.85
辐 射	1181	43.75
合 计	2700	100.00

量的80~90%，其放热是属于辐射，区别于传导和蒸发。

所谓辐射，其有效面积是，在站立时占身体总面积的85%，在一般工厂的作业中与这个数相当。

所谓传导(包括对流)，热从皮肤表面，通过衣服，流入接近皮肤的空气中，因静止的空气不容易传热，所以通过空气放散的热较少。

所谓蒸发，水分蒸发量由于身体的状态，环境条件不同而不同。一个日本人(体表面积 1.6m^2)平均每日蒸发水分为850g时，根据这可以计算出失去约450kcal的潜热。

关于从皮肤散热的三种方式，在低温时以辐射和传导为主，在高温时蒸发就成为主要方式。一般情况下，身体散热量的 $\frac{2}{5}$ 是通过辐射， $\frac{2}{5}$ 通过传导， $\frac{1}{5}$ 是通过蒸发进行的。

从上述可见，要特别关心环境温度对工厂工作人员体热散发的影响。

1.4 热压配合和炮身

大炮的炮身在发射炮弹时，膛内会产生上千个大气压，这时炮身的金属强度如果不耐压就会破裂。为此，从材料力学的角度，把炮身做成2层或者3层，以维持炮身的强度。这时如把炮身的一层管(把它叫内管)装入第二层管中，在垂直第二层管的油槽内加热，使内部温度全部达到 250°C ，把常温状态的内管一下装入第二层管内，当第二层管变成常温时，在 250°C 时变大的外径收缩，和内管温度相同，这样使炮身从外部紧固。这样成为一体后就可以移到机床上进行加工。同理，第三层管时，也这样进行加工。众所周知，这在工程学上叫作热压配合。

这个现象，第二层或第三层外装管的内径都变大。其程度，对一般的钢每1cm温度每升高 1°C 时膨胀0.000012cm。加工比原内管外径小的第二层管内径时，把它放在被加热的油中充分预热，其内径变得比内管的外径大，常温的内管就可以自由装入。两者都变成室温时，外装的第二层管收缩，把内管牢牢地抱住。通过这一方法，可以增加炮身预设计的强度，耐受在发射药燃烧时产生的高压。

在古时候，人们常见到街上的铁匠店里，人力车和马车木轮外周箍有薄钢带做的轮带。其做法是，工匠们把薄钢带放在煤炭鼓风炉上烧，然后将箍在木轮上，放在冷水中立即冷却，铁箍就

会紧紧地箍在木轮上。这种方法和大炮炮身的热压装配是一个道理。

以上就是利用由于钢温度的变化，尺寸产生变化的例子。除特殊的金属(像镍合金)外，金属材料由于温度改变，其尺寸都在变化。在精密机械加工领域，该变化对精度的提高带来很大影响，所以关心这种变化是理所当然的。

1.5 加工尺寸的允许公差

金属类，除特殊的金属以外，对温度变化的影响是很敏感的。尺寸变化，其材质的强度也容易发生变化。在机械加工中，特别是进行切削加工时，零件的尺寸精度是成问题的，但在切削加工中产生的热(把它叫切削热)主要是刀具和工件切削点相互摩擦及切屑从工件表面剥离时材料脆断等作用产生。由此，切削点温度显著上升。因而，机床，工件以及刀具的尺寸发生变化。对于精加工表面的尺寸，与预先图面表示出的尺寸完全一致是非常困难的。

因此，设计图上如果是100mm，通过精心加工，恰好达到100mm是不可能的。图面上表示 $100 \pm 0.1 \text{ mm}$ ，而 $\pm 0.1 \text{ mm}$ 的范围就是允许的公差范围。把这个就叫做允许值，或允许公差。这样就可以不必担心切削温度或机床等的刚性所造成的影响，通过工件设计图来保证。

设计图由材料力学的计算和机械设计安全系数来决定。为了加工，必须标上其加工尺寸的允许误差。大工厂的加工工艺图和工作图都是如此。希望把无论是刀具的种类、形状、加工条件、使用机床等切削加工的必要项目都要标在图纸上，但一般工厂也有不严格执行的例子。但无论任何情况，标明允许公差还是非常必要的。

第二章 机械工厂的概况

2.1 机械工厂

在一般制造机械设备的工厂里，为了适应各种不同的加工，必须有各种加工车间。除了生产铁、钢等原材料的工厂外，其它的均称为机械工厂。把这些机械工厂从广义上分类时，可以大致分为以下两大类：

非切削加工类——铸造工厂、锻造工厂、冲压工厂、轧制工厂、拉制工厂、板金工厂及其它工厂；

切削加工类——机械工厂。

在此把与机械加工有关的机械工厂列为重点，而这些工厂根据其企业的性质不同，基本可分为以下工厂。

机械工厂——机械加工厂、精加工厂、装配厂、试运转厂、工具厂、修配厂及其它工厂。

把这些工厂，根据规模大小主要又可分成车间和班组。

以上各类的机械加工工厂，主要是使用切削机床对工件进行切削加工。从狭义讲把这种工厂一般叫做机械工厂。一般所说的机械工厂都是属于上面所讲的以切削加工为主的切削加工工厂。但在工具工厂，精加工工厂中，也使用相当多的包括精密机床的各种机床。在机械工厂的切削加工中，使用金属切削机床的台数最多。因此，了解在我国（日本）应用金属切削机床的情况也是很有必要的。

2.2 机床的分类

从总体上一般把机床分为切削用机床和非切削用机床（塑性加工机），从小范围来看不局限于前面所说的切削用机床，特别是金属切削用的机床。