

模具制造

追求完美的冷弯成型

独特的用于生产具有合适内径的镜面抛光管式插入物工艺打破了瓶颈，并驱使着 Cavaform 模具制造公司扩大产能并提高质量标准。

文 | Matt Danfo

虽然完成别人无法完成的事情被广泛认为是企业实现成功的途径，但真正的事实是极少有人能做到。位于佛罗里达州圣彼得斯堡市的 Cavaform 模具制造公司认为他们就是这类公司中的一员。公司总裁 David Massie 表示，“Cavaform”是个动词，公司的名称取自一种工艺的名称，该工艺能按照 $\pm 0.0002\text{ in}$ ($1\text{ in}=25.4\text{ mm}$) 的公差和 $4\mu\text{m}$ 的表面抛光度制造型腔，使实际的可重复性达到完美，并且所需的抛光加工极少。

型腔成型工艺只能在一台设备上完成，该设备为一台长 40 in、重 40 t 的巨无霸，有着与其原始外观和相对简单操作不相符的功能。实际上，该机床的用途利用了数控机床之前的设计，利用旋转锤击作用迫使围绕硬化芯轴的退火钢管产生具有指定内径 (ID) 的几何外形。

Massie 表示此冷弯成型工艺称为旋锻工艺，并无特别之处。但是，机床本身确实是独特的，正如工艺被应用的方式一样。实际上，根据他的了解，Cavaform 公司是世界上唯一一家能对注塑型腔进行旋锻的公司。

但是，Massie 强调，在过去四十年内，利用型腔成型工艺不仅仅生产了金属模具，而且还形成了整个行业的特质。该工



图 1 旋锻机基座为厚度 4 in 的混凝土垫板，用来保持精度和对正。George Hastick 操作该机床有 20 年了，他能通过监听工艺声音变化来判断何时拉出坯件并检查成型是否完成

艺驱使着服务提供商成长为成熟的模具制造商，另外也促进公司提高质量标准，而这一点对于该机床来说，在从未被显现的工作领域也是这样。

一种工艺塑造一家公司

实际上，该公司大多数作业都没有使用到该机床，仅仅约 25% 的作业在用。尽管该工艺有着许多优势，但 Massie 表示，拥有 75 名员工的 Cavaform 公司在模具设计、制造、维护和修复方面都具有高度竞争力，即使这家公司将以某种方式失去这台旋锻机。这家工厂的车间占地面积

为 32 000 ft² ($1\text{ ft}^2=0.093\text{ m}^2$)，其中包括由机器人送料的高速加工中心、数控铣床、车铣和车床、外径、内径和无心磨床、刻锻磨机、钢丝和电火花钻孔加工机以及光学测量系统和坐标测量机。所有这些设备都具有现代设计，可运行机加工和企业资源规划软件。附近建设有一座面积为 22 000 ft² 的大楼，可容纳九台注塑机，用于模具检验，包括交钥匙搭建设施。在过去几年内，工厂还进入了高低容量模具生产作状态。

Massie 说到，他原来并没有想到让公司走到今天。Cavaform 公司创立于

1970 年代晚期，当时工厂占地面积只有 10 000 ft²，只配备有支持型腔成型工艺所需的设备（用来制造芯轴和棒料的旋转和外径研磨机，以及用来在旋锻之前对胚料进行挖空和抛光的钻床和刀具）。在那里，他和公司创始职员对该工艺再熟悉不过。Cavaform 公司的灵感来源于他父亲 Bob Massie 与一位在 Howell Penncraft 模具公司工作的朋友之间的对话。了解到他朋友使用旋锻机生产冲模后，Bob Massie 认为该工艺完全可以用于其自己的公司，Massie Tool & Mold 生产的模具长度更长，管式组件上可加工出六角形、锥形、正方形和其他常用的旋锻内径形状。

不久后，Howell Penncraft 模具公司便开始为 Massie Tool 公司供应用于注射器、试管、移液器、导管尖端、书写工具、化妆品和其他这类零件的旋锻注塑模具，并且 Bob Massie 于 1967 年为该公司注册了“Cavaform”商标。1972 年，他的一位在 Howell Penncraft 公司的朋友通知他另一家公司将出售类似的机床，然而这台机床在当时已经停产了。Massie Tool 公司在没看到这台机床的情况下就购买了，并将其搬至佛罗里达。

虽然老 Massie 即将退休并且开始期望公司能被收购，但他无法接受这台小型机床和其独特应用落入另一家公司之手。1978 年，即在出售 Massie Tool 公司的

前一年，他购入了一栋独立建筑，容纳这台机床，并让 David 和另外两个儿子接手整个新的生意，即完全专注于型腔成型注塑模具生产的生意（即无水线或其他机加工痕迹的型腔模坯）。几年内，销量增长了一倍以上，并且客户开始要求获得不仅仅具有演示功能的零件。尽管日益精益生产的 OEM 厂家和模具厂家要求更多的服务，但涉及到在几年内扩大产能方面时，这家公司就有优势。如今仅仅是拥有 Cavaform 公司作为一种选择方案就可将其模具制造能力提高至原来无法应付的水平。

突破瓶颈的法宝

我们是否能对其进行型腔成型加工？这是 Cavaform 公司中标新任务时被首先问到的问题。对于具有 32 个六角形型腔的模具，传统工艺是对多个刻锻磨机 EDM 电极进行机加工、高温加热型腔，之后对每个型腔进行抛光。单单加热过程就需花费数周时间，而抛光过程，如果要达到 SPI A-2 标准，每个面抛光就需花费长达半个小时。相反，Cavaform 工艺加工出在热处理后仅需要抛光的注塑模具形状，所需花费的时间仅仅为数分钟。另外，安装型腔模具的最危险且最困难的部分会首先完成。总之，该公司的 EDM 部门和八名抛光人员能同时将注意力集中在其他工作上。



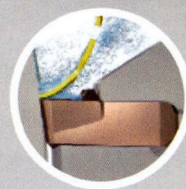
图 2 缩短多面型腔的抛光时间是不通过机床进行抛光加工的能力的主要优势，这种抛光加工主要是在还没有经过任何其他加工的坯件上完成的

提高生产率从此变得简单

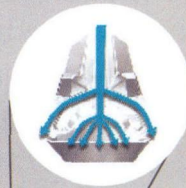
EASY

高效的冷却控制功能

确保更长的刀具寿命，
以及更高的金属去除率。



断屑效应



扇面效应

Beyond Evolution

简易套装产品

现正进行惊喜优惠促销活动，
订购时请使用优惠代码：

B01KGL1C116-P3

*节省成本与套装产品配件定价相当。本优惠不能与其他折扣/优惠同时使用。优惠活动将于 2016 年 6 月 30 日结束。

400 889 2135 (中国)
886-4-23501920 (台湾地区)

kennametal.com/BeyondEvolution

竞争对手还没有复制这种能力也是有原因的，有些竞争对手甚至从Cavaform 购买模具。现代旋锻设备的趋势是不仅针对与模具制造无关的高产量应用进行定制化发展，而且还趋向于轻量化发展，而无法对模具钢进行冷弯成型。相反，Cavaform 公司的机床采用了更通用的设计，此设计是在二战爆发后 Cincinnati Milacron 公司雇佣的德国工程师脑力劳动的产物。该机床用于在战争时制造枪管的设备制造，而这些设备经常是在地下坑道受到炮火攻击的。而且，该机床是完全机械操作，这使得它非常可靠且相对易用。

George Hastick 表示使用该机床已经有 20 多年了。在该机床的中心安装有一根芯轴，围绕该芯轴成型退火钢管。实际上利用具有预期注塑模具形状的芯轴，确保此零件对于每个任务都是唯一的，并且该零件是通过按 60 ~ 63HRC 硬化的高速钢机加工的。“在公差范围内抛光后甚至镀钛后，芯轴几乎可无限期使用。” Hastick 说到。通过一个芯轴可制造多达 1500 个模具。这种较长的寿命为该工艺提供了几近完美的可重复性。这不仅对于高产量而且对于通过快速提供磨损或损坏前模更换件的客户来说是一笔巨大的资产。因此，Cavaform 公司在机床附近将几十年前的芯轴储存在专用的大型柜体中。

芯轴和围绕其旋转的管材是在两个相对的杆件之间一起进入机床的，这两个

杆件其中一个为具有 60 t 作用力的推杆，一个为弹簧上防止过快供料的反压杆（供料率是无限可控的）。在内部，管材和芯轴被四个应力消除的斜纹模具围绕，这四个模具都是采用具有合适尺寸的 M2 或 M4 钢在车间内制作的。在每个模具后面，设置有铁锤，铁锤反向延伸至周围的圆形外壳中，该外壳实际为一个直径为 3.5 in 的滚子轴承。220 r/min 的主轴旋转产生的离心力驱动模具和铁锤向外运动，与滚动元件的接触又驱动模具和铁锤重新向内运动。这样就产生了脉动作用，使得四个模具在前进的管材上同时和往复向下运动，每个受到的作用力为 75 t。

在模具每 0.1 s 开模和合模的情况下，总共 300 t 的径向压力足以将下落至芯轴上的硬度低于 25HRC 的任何材料破碎掉。所产生的抛光作用就是精确和镜面抛光加工的能力。实际上，即使在后续热处理加工后，不同模具之间内径公差也只存在百分之几英寸的差异。

让其奏效

“尽管机床操作简单，但经验还是很重要的。” Massie 说到。例如，像 Hastick 这样的技术人员必须确定正确的进给速率、材料和模具尺寸以及三种油配方中哪一种能提供必要的冷却和润滑以防止磨损。而在公差范围内精确成型芯轴也会被要求试验和出现差错。

工厂依靠其丰富的经验确定正确的壁厚。这对于任何任务来说都非常重要，

因为与挤出工艺类似，该工艺并不会削除任何材料，而是钢材会沿着芯轴向下运动，这样就会增加钢管的长度。尽管该工艺对于大多数常用磨具钢都有效（大多数应用涉及 420SS、440SS 和 H13），但所有材料延展性非常低。

为了在芯轴上成型就要压缩更多的管材内径，就必须旋锻更多的材料。基本上，型腔越窄壁就必须越厚（即管材外径越大），即在更小的壁厚下能成型更大的型腔（更小的管材外径）。“对管材外径的处理会影响到内径，单个管材经常具有四种或四种以上的不同外径。” Hastick 解释到。

“创造力也很重要。” Hastick 补充到。实际上，Cavaform 公司经常利用各种机会将该机床用于表面上看并不适合此工艺的模具。考虑在内径某一部分上的标志产生底切的模具。尽管对开模设计在成型过程中会释放此等底切，但对模具进行旋锻首先就要求横截面均匀。为了绕过这个限制，Cavaform 公司将标志烧制到旋锻模具的一半中，而该模具是沿长度方向一切为二，之后将标志与无标志的另一半相匹配。将模具型腔一切为二会消耗钢材，因此，要确保完美配合就必须偏离中央方向将两个旋锻的型腔分离掉，这样任一（可使用的）半个部分就会出现尺寸稍微过大。然而，该工艺尺寸精确，各个模具都一致，使用更少的抛光以及导致更低的损坏锐利边缘的风险，这使得该解决方案比传统方案更具有成本效益。

对于其他限制也有解决办法。所有模具都要求一定的牵伸率，以确保当工艺完成时可将这些模具从芯轴上通过拉力分离（每英寸钢材 0.001 in 的牵伸率远远足够，但 Cavaform 公司在更小的牵伸率下也能进行加工）。从芯轴更大的后端朝向更小的前端移动的材料，在芯轴的部分上并不能完美包裹（这些部分以超过 15° 的角度梯级下降），而是会产生圆形空隙。因此，当直径发生变化产生尖角时，Cavaform 机床一般就不是很适合。



图 3 正如左侧坯件证明的那样的，该工艺能加工出具有狭窄肋部和其他复杂几何形状的模具，所花时间比 EDM 工艺要少得多

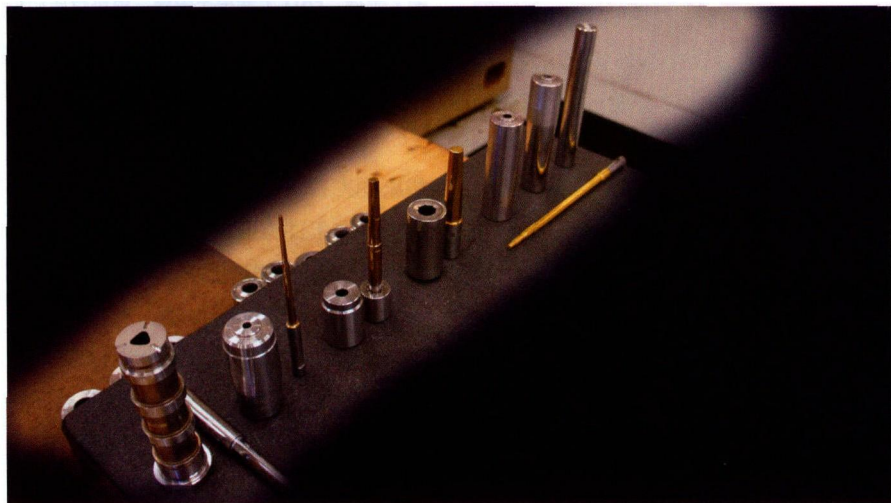


图 4 各种完工阶段的芯轴和型腔。型腔越狭窄，旋锻加工就需要越多的材料，因此，在一些管材上就会产生不同的外径

但是，旋锻机并不总是使用其标准配置，在该标准配置中，芯轴和坯件被保持在反压杆中，以接收反压撞击。Cavaform 公司还开发了另一个方案：冲击器。该冲击器涉及将芯轴和坯件安装在推杆中。尽管在任一种情况下材料移动方向都相同（都与进给方向相反），但设置反向能确保材料朝向芯轴大直径后端成型，从而能直接形成任何尖角几何形状。

其他限制并没有他们起初看起来那样严重。例如，除非封闭端经过圆形处理，否则通常不会选择使用封闭型腔（试管就是一个常用的例子）。但是，无圆端的型腔可利用间距和伸缩合模装置。除了让公司和其客户能获得 Cavaforming 工艺的全部优势外，这些组件在磨损后也容易更换。

提高标准

Massie 强调，这种小本经营的工艺对工厂其他部分的影响不仅仅是改进 workflow，而且已经塑造了该公司的特质，尤其是其用于质量控制的方法。在 1970 年代晚期创立工厂时， ± 0.0002 in 的公差以及 $4\mu\text{m}$ 的表面光洁度已经远远超过当时甚至是最严格的工业标准。而其能达到大于 2 的工艺能力指数 (Cpk)，有时甚

至高达 4（大多数客户预期的数值仅仅约为 1.33）也是同样如此。但是，不久之后，无论任务是否已有要求或是否适合 Cavaforming 工艺，客户自然都会进一步期望更高的精度。“冷弯成型模具的质量在这些年内为我们设定了很高的基准，确实塑造了我们的特质。” Massie 说到。

例如，对容积型腔进行彻底检查已经成为 Cavaform 文化的一部分，时间有几十年。“端对端”测量是为了确保模缝线具有正确尺寸，而相反，Cavaform 的人员会将各种尺寸的滚珠轴承放入经 Cavaform 工艺加工和 EDM 工艺加工过的模具内，之后根据 ([1]) ([2]) ([3]) ([4]) ([5]) ([6]) ([7]) ([8]) ([9]) ([10]) ([11]) ([12]) ([13]) ([14]) ([15]) ([16]) ([17]) ([18]) ([19]) ([20]) ([21]) ([22]) ([23]) ([24]) ([25]) ([26]) ([27]) ([28]) ([29]) ([30]) ([31]) ([32]) ([33]) ([34]) ([35]) ([36]) ([37]) ([38]) ([39]) ([40]) ([41]) ([42]) ([43]) ([44]) ([45]) ([46]) ([47]) ([48]) ([49]) ([50]) ([51]) ([52]) ([53]) ([54]) ([55]) ([56]) ([57]) ([58]) ([59]) ([60]) ([61]) ([62]) ([63]) ([64]) ([65]) ([66]) ([67]) ([68]) ([69]) ([70]) ([71]) ([72]) ([73]) ([74]) ([75]) ([76]) ([77]) ([78]) ([79]) ([80]) ([81]) ([82]) ([83]) ([84]) ([85]) ([86]) ([87]) ([88]) ([89]) ([90]) ([91]) ([92]) ([93]) ([94]) ([95]) ([96]) ([97]) ([98]) ([99]) ([100]) ([101]) ([102]) ([103]) ([104]) ([105]) ([106]) ([107]) ([108]) ([109]) ([110]) ([111]) ([112]) ([113]) ([114]) ([115]) ([116]) ([117]) ([118]) ([119]) ([120]) ([121]) ([122]) ([123]) ([124]) ([125]) ([126]) ([127]) ([128]) ([129]) ([130]) ([131]) ([132]) ([133]) ([134]) ([135]) ([136]) ([137]) ([138]) ([139]) ([140]) ([141]) ([142]) ([143]) ([144]) ([145]) ([146]) ([147]) ([148]) ([149]) ([150]) ([151]) ([152]) ([153]) ([154]) ([155]) ([156]) ([157]) ([158]) ([159]) ([160]) ([161]) ([162]) ([163]) ([164]) ([165]) ([166]) ([167]) ([168]) ([169]) ([170]) ([171]) ([172]) ([173]) ([174]) ([175]) ([176]) ([177]) ([178]) ([179]) ([180]) ([181]) ([182]) ([183]) ([184]) ([185]) ([186]) ([187]) ([188]) ([189]) ([190]) ([191]) ([192]) ([193]) ([194]) ([195]) ([196]) ([197]) ([198]) ([199]) ([200]) ([201]) ([202]) ([203]) ([204]) ([205]) ([206]) ([207]) ([208]) ([209]) ([210]) ([211]) ([212]) ([213]) ([214]) ([215]) ([216]) ([217]) ([218]) ([219]) ([220]) ([221]) ([222]) ([223]) ([224]) ([225]) ([226]) ([227]) ([228]) ([229]) ([230]) ([231]) ([232]) ([233]) ([234]) ([235]) ([236]) ([237]) ([238]) ([239]) ([240]) ([241]) ([242]) ([243]) ([244]) ([245]) ([246]) ([247]) ([248]) ([249]) ([250]) ([251]) ([252]) ([253]) ([254]) ([255]) ([256]) ([257]) ([258]) ([259]) ([260]) ([261]) ([262]) ([263]) ([264]) ([265]) ([266]) ([267]) ([268]) ([269]) ([270]) ([271]) ([272]) ([273]) ([274]) ([275]) ([276]) ([277]) ([278]) ([279]) ([280]) ([281]) ([282]) ([283]) ([284]) ([285]) ([286]) ([287]) ([288]) ([289]) ([290]) ([291]) ([292]) ([293]) ([294]) ([295]) ([296]) ([297]) ([298]) ([299]) ([300]) ([301]) ([302]) ([303]) ([304]) ([305]) ([306]) ([307]) ([308]) ([309]) ([310]) ([311]) ([312]) ([313]) ([314]) ([315]) ([316]) ([317]) ([318]) ([319]) ([320]) ([321]) ([322]) ([323]) ([324]) ([325]) ([326]) ([327]) ([328]) ([329]) ([330]) ([331]) ([332]) ([333]) ([334]) ([335]) ([336]) ([337]) ([338]) ([339]) ([340]) ([341]) ([342]) ([343]) ([344]) ([345]) ([346]) ([347]) ([348]) ([349]) ([350]) ([351]) ([352]) ([353]) ([354]) ([355]) ([356]) ([357]) ([358]) ([359]) ([360]) ([361]) ([362]) ([363]) ([364]) ([365]) ([366]) ([367]) ([368]) ([369]) ([370]) ([371]) ([372]) ([373]) ([374]) ([375]) ([376]) ([377]) ([378]) ([379]) ([380]) ([381]) ([382]) ([383]) ([384]) ([385]) ([386]) ([387]) ([388]) ([389]) ([390]) ([391]) ([392]) ([393]) ([394]) ([395]) ([396]) ([397]) ([398]) ([399]) ([400]) ([401]) ([402]) ([403]) ([404]) ([405]) ([406]) ([407]) ([408]) ([409]) ([410]) ([411]) ([412]) ([413]) ([414]) ([415]) ([416]) ([417]) ([418]) ([419]) ([420]) ([421]) ([422]) ([423]) ([424]) ([425]) ([426]) ([427]) ([428]) ([429]) ([430]) ([431]) ([432]) ([433]) ([434]) ([435]) ([436]) ([437]) ([438]) ([439]) ([440]) ([441]) ([442]) ([443]) ([444]) ([445]) ([446]) ([447]) ([448]) ([449]) ([450]) ([451]) ([452]) ([453]) ([454]) ([455]) ([456]) ([457]) ([458]) ([459]) ([460]) ([461]) ([462]) ([463]) ([464]) ([465]) ([466]) ([467]) ([468]) ([469]) ([470]) ([471]) ([472]) ([473]) ([474]) ([475]) ([476]) ([477]) ([478]) ([479]) ([480]) ([481]) ([482]) ([483]) ([484]) ([485]) ([486]) ([487]) ([488]) ([489]) ([490]) ([491]) ([492]) ([493]) ([494]) ([495]) ([496]) ([497]) ([498]) ([499]) ([500]) ([501]) ([502]) ([503]) ([504]) ([505]) ([506]) ([507]) ([508]) ([509]) ([510]) ([511]) ([512]) ([513]) ([514]) ([515]) ([516]) ([517]) ([518]) ([519]) ([520]) ([521]) ([522]) ([523]) ([524]) ([525]) ([526]) ([527]) ([528]) ([529]) ([530]) ([531]) ([532]) ([533]) ([534]) ([535]) ([536]) ([537]) ([538]) ([539]) ([540]) ([541]) ([542]) ([543]) ([544]) ([545]) ([546]) ([547]) ([548]) ([549]) ([550]) ([551]) ([552]) ([553]) ([554]) ([555]) ([556]) ([557]) ([558]) ([559]) ([560]) ([561]) ([562]) ([563]) ([564]) ([565]) ([566]) ([567]) ([568]) ([569]) ([570]) ([571]) ([572]) ([573]) ([574]) ([575]) ([576]) ([577]) ([578]) ([579]) ([580]) ([581]) ([582]) ([583]) ([584]) ([585]) ([586]) ([587]) ([588]) ([589]) ([590]) ([591]) ([592]) ([593]) ([594]) ([595]) ([596]) ([597]) ([598]) ([599]) ([600]) ([601]) ([602]) ([603]) ([604]) ([605]) ([606]) ([607]) ([608]) ([609]) ([610]) ([611]) ([612]) ([613]) ([614]) ([615]) ([616]) ([617]) ([618]) ([619]) ([620]) ([621]) ([622]) ([623]) ([624]) ([625]) ([626]) ([627]) ([628]) ([629]) ([630]) ([631]) ([632]) ([633]) ([634]) ([635]) ([636]) ([637]) ([638]) ([639]) ([640]) ([641]) ([642]) ([643]) ([644]) ([645]) ([646]) ([647]) ([648]) ([649]) ([650]) ([651]) ([652]) ([653]) ([654]) ([655]) ([656]) ([657]) ([658]) ([659]) ([660]) ([661]) ([662]) ([663]) ([664]) ([665]) ([666]) ([667]) ([668]) ([669]) ([670]) ([671]) ([672]) ([673]) ([674]) ([675]) ([676]) ([677]) ([678]) ([679]) ([680]) ([681]) ([682]) ([683]) ([684]) ([685]) ([686]) ([687]) ([688]) ([689]) ([690]) ([691]) ([692]) ([693]) ([694]) ([695]) ([696]) ([697]) ([698]) ([699]) ([700]) ([701]) ([702]) ([703]) ([704]) ([705]) ([706]) ([707]) ([708]) ([709]) ([710]) ([711]) ([712]) ([713]) ([714]) ([715]) ([716]) ([717]) ([718]) ([719]) ([720]) ([721]) ([722]) ([723]) ([724]) ([725]) ([726]) ([727]) ([728]) ([729]) ([730]) ([731]) ([732]) ([733]) ([734]) ([735]) ([736]) ([737]) ([738]) ([739]) ([740]) ([741]) ([742]) ([743]) ([744]) ([745]) ([746]) ([747]) ([748]) ([749]) ([750]) ([751]) ([752]) ([753]) ([754]) ([755]) ([756]) ([757]) ([758]) ([759]) ([760]) ([761]) ([762]) ([763]) ([764]) ([765]) ([766]) ([767]) ([768]) ([769]) ([770]) ([771]) ([772]) ([773]) ([774]) ([775]) ([776]) ([777]) ([778]) ([779]) ([780]) ([781]) ([782]) ([783]) ([784]) ([785]) ([786]) ([787]) ([788]) ([789]) ([790]) ([791]) ([792]) ([793]) ([794]) ([795]) ([796]) ([797]) ([798]) ([799]) ([800]) ([801]) ([802]) ([803]) ([804]) ([805]) ([806]) ([807]) ([808]) ([809]) ([810]) ([811]) ([812]) ([813]) ([814]) ([815]) ([816]) ([817]) ([818]) ([819]) ([820]) ([821]) ([822]) ([823]) ([824]) ([825]) ([826]) ([827]) ([828]) ([829]) ([830]) ([831]) ([832]) ([833]) ([834]) ([835]) ([836]) ([837]) ([838]) ([839]) ([840]) ([841]) ([842]) ([843]) ([844]) ([845]) ([846]) ([847]) ([848]) ([849]) ([850]) ([851]) ([852]) ([853]) ([854]) ([855]) ([856]) ([857]) ([858]) ([859]) ([860]) ([861]) ([862]) ([863]) ([864]) ([865]) ([866]) ([867]) ([868]) ([869]) ([870]) ([871]) ([872]) ([873]) ([874]) ([875]) ([876]) ([877]) ([878]) ([879]) ([880]) ([881]) ([882]) ([883]) ([884]) ([885]) ([886]) ([887]) ([888]) ([889]) ([890]) ([891]) ([892]) ([893]) ([894]) ([895]) ([896]) ([897]) ([898]) ([899]) ([900]) ([901]) ([902]) ([903]) ([904]) ([905]) ([906]) ([907]) ([908]) ([909]) ([910]) ([911]) ([912]) ([913]) ([914]) ([915]) ([916]) ([917]) ([918]) ([919]) ([920]) ([921]) ([922]) ([923]) ([924]) ([925]) ([926]) ([927]) ([928]) ([929]) ([930]) ([931]) ([932]) ([933]) ([934]) ([935]) ([936]) ([937]) ([938]) ([939]) ([940]) ([941]) ([942]) ([943]) ([944]) ([945]) ([946]) ([947]) ([948]) ([949]) ([950]) ([951]) ([952]) ([953]) ([954]) ([955]) ([956]) ([957]) ([958]) ([959]) ([960]) ([961]) ([962]) ([963]) ([964]) ([965]) ([966]) ([967]) ([968]) ([969]) ([970]) ([971]) ([972]) ([973]) ([974]) ([975]) ([976]) ([977]) ([978]) ([979]) ([980]) ([981]) ([982]) ([983]) ([984]) ([985]) ([986]) ([987]) ([988]) ([989]) ([990]) ([991]) ([992]) ([993]) ([994]) ([995]) ([996]) ([997]) ([998]) ([999]) ([1000]) ([1001]) ([1002]) ([1003]) ([1004]) ([1005]) ([1006]) ([1007]) ([1008]) ([1009]) ([1010]) ([1011]) ([1012]) ([1013]) ([1014]) ([1015]) ([1016]) ([1017]) ([1018]) ([1019]) ([1020]) ([1021]) ([1022]) ([1023]) ([1024]) ([1025]) ([1026]) ([1027]) ([1028]) ([1029]) ([1030]) ([1031]) ([1032]) ([1033]) ([1034]) ([1035]) ([1036]) ([1037]) ([1038]) ([1039]) ([1040]) ([1041]) ([1042]) ([1043]) ([1044]) ([1045]) ([1046]) ([1047]) ([1048]) ([1049]) ([1050]) ([1051]) ([1052]) ([1053]) ([1054]) ([1055]) ([1056]) ([1057]) ([1058]) ([1059]) ([1060]) ([1061]) ([1062]) ([1063]) ([1064]) ([1065]) ([1066]) ([1067]) ([1068]) ([1069]) ([1070]) ([1071]) ([1072]) ([1073]) ([1074]) ([1075]) ([1076]) ([1077]) ([1078]) ([1079]) ([1080]) ([1081]) ([1082]) ([1083]) ([1084]) ([1085]) ([1086]) ([1087]) ([1088]) ([1089]) ([1090]) ([1091]) ([1092]) ([1093]) ([1094]) ([1095]) ([1096]) ([1097]) ([1098]) ([1099]) ([1100]) ([1101]) ([1102]) ([1103]) ([1104]) ([1105]) ([1106]) ([1107]) ([1108]) ([1109]) ([1110]) ([1111]) ([1112]) ([1113]) ([1114]) ([1115]) ([1116]) ([1117]) ([1118]) ([1119]) ([1120]) ([1121]) ([1122]) ([1123]) ([1124]) ([1125]) ([1126]) ([1127]) ([1128]) ([1129]) ([1130]) ([1131]) ([1132]) ([1133]) ([1134]) ([1135]) ([1136]) ([1137]) ([1138]) ([1139]) ([1140]) ([1141]) ([1142]) ([1143]) ([1144]) ([1145]) ([1146]) ([1147]) ([1148]) ([1149]) ([1150]) ([1151]) ([1152]) ([1153]) ([1154]) ([1155]) ([1156]) ([1157]) ([1158]) ([1159]) ([1160]) ([1161]) ([1162]) ([1163]) ([1164]) ([1165]) ([1166]) ([1167]) ([1168]) ([1169]) ([1170]) ([1171]) ([1172]) ([1173]) ([1174]) ([1175]) ([1176]) ([1177]) ([1178]) ([1179]) ([1180]) ([1181]) ([1182]) ([1183]) ([1184]) ([1185]) ([1186]) ([1187]) ([1188]) ([1189]) ([1190]) ([1191]) ([1192]) ([1193]) ([1194]) ([1195]) ([1196]) ([1197]) ([1198]) ([1199]) ([1200]) ([1201]) ([1202]) ([1203]) ([1204]) ([1205]) ([1206]) ([1207]) ([1208]) ([1209]) ([1210]) ([1211]) ([1212]) ([1213]) ([1214]) ([1215]) ([1216]) ([1217]) ([1218]) ([1219]) ([1220]) ([1221]) ([1222]) ([1223]) ([1224]) ([1225]) ([1226]) ([1227]) ([1228]) ([1229]) ([1230]) ([1231]) ([1232]) ([1233]) ([1234]) ([1235]) ([1236]) ([1237]) ([1238]) ([1239]) ([1240]) ([1241]) ([1242]) ([1243]) ([1244]) ([1245]) ([1246]) ([1247]) ([1248]) ([1249]) ([1250]) ([1251]) ([1252]) ([1253]) ([1254]) ([1255]) ([1256]) ([1257]) ([1258]) ([1259]) ([1260]) ([1261]) ([1262]) ([1263]) ([1264]) ([1265]) ([1266]) ([1267]) ([1268]) ([1269]) ([1270]) ([1271]) ([1272]) ([1273]) ([1274]) ([1275]) ([1276]) ([1277]) ([1278]) ([1279]) ([1280]) ([1281]) ([1282]) ([1283]) ([1284]) ([1285]) ([1286]) ([1287]) ([1288]) ([1289]) ([1290]) ([1291]) ([1292]) ([1293]) ([1294]) ([1295]) ([1296]) ([1297]) ([1298]) ([1299]) ([1300]) ([1301]) ([1302]) ([1303]) ([1304]) ([1305]) ([1306]) ([1307]) ([1308]) ([1309]) ([1310]) ([1311]) ([1312]) ([1313]) ([1314]) ([1315]) ([1316]) ([1317]) ([1318]) ([1319]) ([1320]) ([1321]) ([1322]) ([1323]) ([1324]) ([1325]) ([1326]) ([1327]) ([1328]) ([1329]) ([1330]) ([1331]) ([1332]) ([1333]) ([1334]) ([1335]) ([1336]) ([1337]) ([1338]) ([1339]) ([1340]) ([1341]) ([1342]) ([1343]) ([1344]) ([1345]) ([1346]) ([1347]) ([1348]) ([1349]) ([1350]) ([1351]) ([1352]) ([1353]) ([1354]) ([1355]) ([1356]) ([1357]) ([1358]) ([1359]) ([1360]) ([1361]) ([1362]) ([1363]) ([1364]) ([1365]) ([1366]) ([1367]) ([1368]) ([1369]) ([1370]) ([1371]) ([1372]) ([1373]) ([1374]) ([1375]) ([1376]) ([1377]) ([1378]) ([1379]) ([1380]) ([1381]) ([1382]) ([1383]) ([1384]) ([1385]) ([1386]) ([1387]) ([1388]) ([1389]) ([1390]) ([1391]) ([1392]) ([1393]) ([1394]) ([1395]) ([1396]) ([1397]) ([1398]) ([1399]) ([1400]) ([1401]) ([1402]) ([1403]) ([1404]) ([1405]) ([1406]) ([1407]) ([1408]) ([1409]) ([1410]) ([1411]) ([1412]) ([1413]) ([1414]) ([1415]) ([1416]) ([1417]) ([1418]) ([1419]) ([1420]) ([1421]) ([1422]) ([1423]) ([1424]) ([1425]) ([1426]) ([1427]) ([1428]) ([1429]) ([1430]) ([1431]) ([1432]) ([1433]) ([1434]) ([1435]) ([1436]) ([1437]) ([1438]) ([1439]) ([1440]) ([1441]) ([1442]) ([1443]) ([1444]) ([1445]) ([1446]) ([1447]) ([1448]) ([1449]) ([1450]) ([1451]) ([1452]) ([1453]) ([1454]) ([1455]) ([1456]) ([1457]) ([1458]) ([1459]) ([1460]) ([1461]) ([1462]) ([1463]) ([1464]) ([1465]) ([1466]) ([1467]) ([1468]) ([1469]) ([1470]) ([1471]) ([1472]) ([1473]) ([1474]) ([1475]) ([1476]) ([1477]) ([1478]) ([1479]) ([1480]) ([1481]) ([1482]) ([1483]) ([1484]) ([1485]) ([1486]) ([1487]) ([1488]) ([1489]) ([1490]) ([1491]) ([1492]) ([1493]) ([1494]) ([1495]) ([1496]) ([1497]) ([1498]) ([1499]) ([1500]) ([1501]) ([1502]) ([1503]) ([1504]) ([1505]) ([1506]) ([1507]) ([1508]) ([1509]) ([1510]) ([1511]) ([1512]) ([1513]) ([1514]) ([1515]) ([1516]) ([1517]) ([1518]) ([1519]) ([1520]) ([1521]) ([1522]) ([1523]) ([1524]) ([1525]) ([1526]) ([1527]) ([1528]) ([1529]) ([1530]) ([1531]) ([1532]) ([1533]) ([1534]) ([1535]) ([1536]) ([1537]) ([1538]) ([1539]) ([1540]) ([1541]) ([1542]) ([1543]) ([1544]) ([1545]) ([1546]) ([1547]) ([1548]) ([1549]) ([1550]) ([1551]) ([1552]) ([1553]) ([1554]) ([1555]) ([1556]) ([1557]) ([1558]) ([1559]) ([1560]) ([1561]) ([1562]) ([1563]) ([1564]) ([1565]) ([1566]) ([1567]) ([1568]) ([1569]) ([1570]) ([1571]) ([1572]) ([1573]) ([1574]) ([1575]) ([1576]) ([1577]) ([1578]) ([1579]) ([1580]) ([1581]) ([1582]) ([1583]) ([1584]) ([1585]) ([1586]) ([1587]) ([1588]) ([1589]) ([1590]) ([1591]) ([1592]) ([1593]) ([1594]) ([1595]) ([1596]) ([1597]) ([1598]) ([1599]) ([1600]) ([1601]) ([1602]) ([1603]) ([1604]) ([1605]) ([1606]) ([1607]) ([1608]) ([1609]) ([1610]) ([1611]) ([1612]) ([1613]) ([1614]) ([1615]) ([1616]) ([1617]) ([1618]) ([1619]) ([1620]) ([1621]) ([1622]) ([1623]) ([1624]) ([1625]) ([1626]) ([1627]) ([1628]) ([1629]) ([1630]) ([1631]) ([1632]) ([1633]) ([1634]) ([1635]) ([1636]) ([1637]) ([1638]) ([1639]) ([1640]) ([1641]) ([1642]) ([1643]) ([1644]) ([1645]) ([1646]) ([1647]) ([1648]) ([1649]) ([1650]) ([1651]) ([1652]) ([1653]) ([1654]) ([1655]) ([1656]) ([1657]) ([1658]) ([1659]) ([1660]) ([1661]) ([1662]) ([1663]) ([1664]) ([1665]) ([1666]) ([1667]) ([1668]) ([1669]) ([1670]) ([1671]) ([1672]) ([1673]) ([1674]) ([1675]) ([1676]) ([1677]) ([1678]) ([1679]) ([1680]) ([1681]) ([1682]) ([1683]) ([1684]) ([1685]) ([1686]) ([1687]) ([1688]) ([1689]) ([1690]) ([1691]) ([1692]) ([1693]) ([1694]) ([1695]) ([1696]) ([1697]) ([1698]) ([1699]) ([1700]) ([1701]) ([1702]) ([1703]) ([1704]) ([1705]) ([1706]) ([1707]) ([1708]) ([1709]) ([1710]) ([1711]) ([1712]) ([1713]) ([1714]) ([1715]) ([1716]) ([1717]) ([1718]) ([1719]) ([1720]) ([1721]) ([1722]) ([1723]) ([1724]) ([1725]) ([1726]) ([1727]) ([1728]) ([1729]) ([1730]) ([1731]) ([1732]) ([1733]) ([1734]) ([1735]) ([1736]) ([1737]) ([1738]) ([1739]) ([1740]) ([1741]) ([1742]) ([1743]) ([1744]) ([1745]) ([1746]) ([1747]) ([1748]) ([1749]) ([1750]) ([1751]) ([1752]) ([1753]) ([1754]) ([1755]) ([1756]) ([1757]) ([1758]) ([1759]) ([1760]) ([1761]) ([1762]) ([1763]) ([1764]) ([1765]) ([1766]) ([1767]) ([1768]) ([1769]) ([1770]) ([1771]) ([1772]) ([1773]) ([1774]) ([1775]) ([1776]) ([1777]) ([1778]) ([1779]) ([1780]) ([1781]) ([1782]) ([1783]) ([1784]) ([1785]) ([1786]) ([1787]) ([1788]) ([1789]) ([1790]) ([1791]) ([1792]) ([1793]) ([1794]) ([1795]) ([1796]) ([1797]) ([1798]) ([1799]) ([1800]) ([1801]) ([1802]) ([1803]) ([1804]) ([1805]) ([1806]) ([1807]) ([1808]) ([1809]) ([1810]) ([1811]) ([1812]) ([1813]) ([1814]) ([1815]) ([1816]) ([1817]) ([1818]) ([1819]) ([1820]) ([1821]) ([1822]) ([1823]) ([1824]) ([1825]) ([1826]) ([1827]) ([1828]) ([1829]) ([1830]) ([1831]) ([1832]) ([1833]) ([1834]) ([1835]) ([1836]) ([1837]) ([1838]) ([1839]) ([1840]) ([1841]) ([1842]) ([1843]) ([1844]) ([1845]) ([1846]) ([1847]) ([1848]) ([1849]) ([1850]) ([1851]) ([1852]) ([1853]) ([1854]) ([1855]) ([1856]) ([1857]) ([1858]) ([1859]) ([1860]) ([1861]) ([1862]) ([1863]) ([1864]) ([1865]) ([1866]) ([1867]) ([1868]) ([1869]) ([1870]) ([1871]) ([1872]) ([1873]) ([1874]) ([1875]) ([1876]) ([1877]) ([1878]) ([1879]) ([1880]) ([1881]) ([1882]) ([1883]) ([1884]) ([1885]) ([1886]) ([1887]) ([1888]) ([1889]) ([1890]) ([1891]) ([1892]) ([1893]) ([1894]) ([1895]) ([1896]) ([1897]) ([1898]) ([1899]) ([1900]) ([1901]) ([1902]) ([1903]) ([1904]) ([1905]) ([1906]) ([1907]) ([1908]) ([1909]) ([1910]) ([1911]) ([1912]) ([1913]) ([1914]) ([1915]) ([1916]) ([1917]) ([1918]) ([1919]) ([1920]) ([1921]) ([1922]) ([1923]) ([1924]) ([1925]) ([1926]) ([1927]) ([1928]) ([1929]) ([1930]) ([1931]) ([1932]) ([1933]) ([1934]) ([1935]) ([1936]) ([1937]) ([1938]) ([1939]) ([1940]) ([1941]) ([1942]) ([1943]) ([1944]) ([1945]) ([1946]) ([1947]) ([1948]) ([1949]) ([1950]) ([1951]) ([1952]) ([1953]) ([1954]) ([1955]) ([1956]) ([1957]) ([1958]) ([1959]) ([1960]) ([1961]) ([1962]) ([1963]) ([1964]) ([1965]) ([1966]) ([1967]) ([1968]) ([1969]) ([1970]) ([1971]) ([1972]) ([1973]) ([1974]) ([1975]) ([1976]) ([1977]) ([1978]) ([1979]) ([1980]) ([1981]) ([1982]) ([1983]) ([1984]) ([1985]) ([1986]) ([1987]) ([1988]) ([1989]) ([1990]) ([1991]) ([1992]) ([1993]) ([1994]) ([1995]) ([1996]) ([1997]) ([1998]) ([1999]) ([2000]) ([2001]) ([2002]) ([2003]) ([2004]) ([2005]) ([2006]) ([2007]) ([2008]) ([2009]) ([2010]) ([2011]) ([2012]) ([2013]) ([2014]) ([2015]) ([2016]) ([2017]) ([2018]) ([2019]) ([2020]) ([2021]) ([2022]) ([2023]) ([2024]) ([2025]) ([2026]) ([2027]) ([2028]) ([2029]) ([2030]) ([2031]) ([2032]) ([2033]) ([2034]) ([2035]) ([2036]) ([2037]) ([2038]) ([2039]) ([2040]) ([2041]) ([2042]) ([2043]) ([2044]) ([2045]) ([2046]) ([2047]) ([2048]) ([2049]) ([2050]) ([2051]) ([2052]) ([2053]) ([2054]) ([2055]) ([2056]) ([2057]) ([2058]) ([2059]) ([2060]) ([2061]) ([2062]) ([2063]) ([2064]) ([2065]) ([2066]) ([2067]) ([2068]) ([2069]) ([2070]) ([2071]) ([2072]) ([2073]) ([2074]) ([2075]) ([2076]) ([2077]) ([2078]) ([2079]) ([2080]) ([2081]) ([2082]) ([2083]) ([2084]) ([2085]) ([2086]) ([2087]) ([2088]) ([2089]) ([2090]) ([2091]) ([2092]) ([2093]) ([2094]) ([2095]) ([2096]) ([2097]) ([2098]) ([2099]) ([2100]) ([2101]) ([2102]) ([2103]) ([2104]) ([2105]) ([2106]) ([2107]) ([2108]) ([21