

钢筋调直切断机切刀刃角对飞剪切断 效果影响的数值模拟

陈士忠, 苏伟, 王永华, 贾千业

(沈阳建筑大学机械工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘要 目的 针对钢筋调直切断机的切断机构在工作中出现的切断过程不稳定、断口粗糙、扭曲等问题, 分析研究切刀刃角的大小对切断效果的影响. 方法 通过对钢筋切断原理的分析和钢筋切刀刃角的计算, 利用有限元分析软件分析钢筋切断模型在不同切刀刃角的情况下受到双切刀冲切时各瞬间的应力应变, 通过应力应变确定切刀刃角对飞剪切断效果的影响. 结果 切刀刃角为 70° 时, 切断过程不稳定, 切断效果一般, 达到屈服极限的面积较大; 切刀刃角为 45° 时, 切断效果较好, 达到屈服极限的面积较小, 塑性变形也较小; 切刀刃角为 30° 时, 切断效果好, 切断过程稳定, 应力波动小, 达到屈服极限的面积小且均匀. 结论 在其他条件相同的情况下, 切刀刃角越小, 应力集中越小, 对钢筋切断机的切断能力要求越小, 切断效果越好.

关键词 钢筋切断; 切刀刃角; 应力应变; 飞剪切断

中图分类号 TU649

文献标志码 A

Numerical Simulation of the Flying Shear Cutting Results Influenced by the Cutting Edge Angle of Steel Bar Straightening and Cutting Machine

CHEN Shizhong, SU Wei, WANG Yonghua, JIA Qianye

(School of Mechanical Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168)

Abstract: In view of the unstable cutting process, rough fracture and distortion of the cutting device of the steel bar straightening and cutting machine, the influence of the cutting edge angle on the cutting effect is analyzed and studied. Based on the analysis of the principle of steel bar cutting and the calculation of the cutting edge angle of steel bar, the stress and strain of the steel bar cutting model under different cutting edge angles are analyzed by using finite element analysis software. The influence of cutting edge angle on the cutting effect of flying shear is determined by stress and strain. When the cutting edge angle is 70 degrees, the cutting process is unstable, the cutting effect is general, the area reaching the yield limit is larger; the cutting edge angle is 45 de-

收稿日期: 2018-05-21

基金项目: “十三五”国家重点研发计划项目(2017YFC0704002)

作者简介: 陈士忠(1979—), 男, 副教授, 博士后, 主要从事质子交换膜燃料电池技术和建筑机械技术方面研究.

grees, the cutting effect is better, the area to yield limit is smaller, and the plastic deformation is smaller; When the cutting edge angle is 30 degrees, the cutting effect is good, the cutting process is stable, the stress fluctuation is small, and the area reaching the yield limit is small and uniform. Under the same conditions, the smaller cutting edge angle, the smaller stress concentration, the smaller cutting ability of the steel bar cutter, the better cutting effect.

Key words: bar cutting; cutting edge angle; stress-strain; flying shear cutting

钢筋的调直与切断是建筑工地及钢筋加工过程中必不可少的工序,由于钢筋调直切断机具有操作简单、工作过程可靠、工作效率高、节省劳动力等优点,所以钢筋调直切断机就成为了钢筋加工和生产过程中最常用的一种机器,它在现代化建设的征程中占据着无可替代的位置,同时还发挥着相当重要的作用^[1]。

近些年来,伴随着“中国制造 2025”的提出,科研水平不断提高,市场需求不断增加,机械制造业向着高质量、高精度、高效率、高速度的目标迈进。国内外各个生产厂家为了提高自家产品在市场中的竞争力,深入研究钢筋调直切断机的工作特性与技术特性,不断进行结构优化,努力提高产品的性能指标,努力降低产品的生产成本,并且不断研发出新的产品。所以国内钢筋调直切断技术发展迅速,机械种类逐渐增多,功能也逐渐完善^[2]。钢筋调直切断机的应用也十分广泛,比如用于房屋建筑、公路修建、隧道桥梁、水电站等工程中。钢筋调直切断机的广泛应用在确保工程质量、提高工作效率、降低工人劳动强度等方面都发挥着重要作用^[3]。

钢筋调直切断机主要由上料机构、牵引调直机构、控制机构、定尺机构、切断机构和落料架六部分组成。其中切断机构是钢筋调直切断机最重要的机构之一,位于牵引调直机构和落料架之间^[4]。随着建筑用钢筋的强度不断提高,工程中对切断机构的切断能力的要求也越来越高。目前国内钢筋调直切断机的切断方式主要可以分为锤击式切断、飞剪式切断和液压式切断,其中飞剪式切断较为常见,其通过两个相互啮合的齿轮带动两

个带刀圆盘旋转,当两刀相互咬合时,位于两刀之间的钢筋就会被切断^[5]。

国内专家学者针对钢筋调直切断机做了许多研究。例如,田野等^[6]通过分析调直切断机飞剪切断刀具的损坏原因,对切断刀具刃角和切断刀具的空程角进行了讨论研究;刘中等^[7]通过对钢筋的剪切过程进行动态仿真,得出了剪切力的变化曲线;朱振华^[8]等通过对钢筋调直切断机传动机构进行动力学分析仿真,得出了传动机构的运行数据及相关曲线图;卢秀春等^[9]在冷轧带肋钢筋的矫直原理的基础上,提出了新的辊系配置方案,并计算出了矫直力学参数和矫直功率;王良文等^[10]通过对钢筋调直切断机的整机进行受力分析和应力应变分析,对钢筋调直切断机进行了优化与改良设计;段红杰等^[11]通过分析钢筋调直切断机的切刀运动规律和特征,得出了切断力的变化情况结果。

在实际生产加工过程中,由于机器长时间工作或机器的切断刀具参数选用不合理等原因,往往会发生一些加工事故^[12],如切断精度降低、钢筋打刀、刀具损坏、断口粗糙、切断过程不稳定、马蹄形断口等等。这些加工事故都会对钢筋下一步的加工或使用造成严重的阻碍,最终甚至会影响整个建筑的质量且危害人身安全^[13]。

为了改善上述加工问题,笔者通过对钢筋切断原理的分析和对钢筋切刀刃角的计算,利用有限元分析软件对钢筋切断模型在不同切刀刃角的情况下进行分析与仿真,从而确定切刀刃角的大小对飞剪切断效果的影响,进而为提高钢筋切断机的剪切性能及今后的刀具设计与优化提供参考与帮助。

1 钢筋飞剪切断原理分析

飞剪式切断的切断原理:调直后的钢筋在牵引调直机构的牵引下通过飞剪切刀,进入承料架,当钢筋头部触碰到定尺装置的信号发射器时,发射器向切断装置发送切断信号,切刀动作切断钢筋.切断钢筋后刀具回到起始位置,等待下一次切断^[14].

1.1 飞剪切断工作要求

为了满足产品的质量要求,飞剪切断要满足以下几点工作要求.

(1) 同步性要求

同步性要求是飞剪切断过程中最基本的工作要求.切断过程中,切刀要与运动着的钢筋一起运动,一方面是水平方向的速度应与钢筋的运动速度保持大体一致,另一方面是竖直方向要保证正常的切断动作.所以切刀在整个剪切过程中,要同时完成水平方向和竖直方向这两个运动.而且在剪切的过程中,一般要求切刀在水平方向的速度要等于或者略大于待切钢筋的传动速度^[15].如果切刀的水平速度小于待切钢筋的传动速度,那么切刀将会阻碍钢筋的传动,致使钢筋弯曲,并且出现“堆钢”现象,甚至还会对刀具造成损伤;相反,如果切刀的水平速度比钢筋的传动速度大得多,那么就会对钢筋产生较大的拉应力,出现“拉钢”现象,对钢筋的断面质量造成影响,严重的也可能对刀具造成损伤.

衡量飞剪切断同步性工作的物理量一般是速度增长率和拉钢量.速度增长率的值可以用剪切结束时的切刀水平速度与剪切开始时的切刀水平速度的相对变化比^[16]表示为

$$D_v = \frac{v_{fx_2} - v_{fx_1}}{v_{fx_2}} \leq D_{v0}. \quad (1)$$

式中: v_{fx_1} 为剪切开始时的速度; v_{fx_2} 为剪切结束时的速度; D_{v0} 为许用速度增长率.

拉钢量指的是切刀的瞬时水平分速度与钢筋的运行速度的相对变化比.如果拉钢量太大,会对钢筋的断面质量造成影响,严重的

可能会损伤切刀;如果拉钢量为负值,就会出现“堆钢”现象,会导致钢筋弯曲或损伤切刀^[17].拉钢量计算公式如下:

$$\delta_v = \frac{v_{fx} - v_0}{v_0}. \quad (2)$$

式中: v_{fx} 为切刀的瞬时水平分速度; v_0 为钢筋的传动速度.

(2) 剪切区要求

剪切区指的是从切刀刚好接触钢筋到切刀刚好准备脱离钢筋的一段区间.从切刀刚好接触钢筋到上下两把切刀相接触的区间称为纯剪切区.一般可认为,剪切区越短越好,因为剪切区越短,剪切的时间就越短,有利于减小切刀的水平速度与钢筋传动速度的速度差,即可以提高飞剪切断的同步性工作要求.但是,剪切时间的缩短会带来较大的冲击载荷,这会额外增加电机的负载,甚至还可能影响机构的整体动力性能^[18].所以,为了避免这种情况的发生,要求切断时间不能太短,即剪切区不能太短,应在满足同步性工作要求的前提下,综合考虑机构的动力性能,从而确定剪切区的大小.

(3) 动力性能要求

动力性能要求是飞剪切断过程中又一基本工作要求.飞剪切断要求在满足各构件运动性能的同时,还要使各构件在工作过程中的动载荷尽量的小,以保证飞剪切断过程拥有较好的动力性能,保证工作过程的安全可靠.

(4) 抛钢要求

抛钢要求指的是在剪切结束的时刻,切刀的水平位移 S_2 应不小于钢筋的水平位移 S_1 ,即存在一个增量 $\Delta S = S_2 - S_1 \geq 0$,确保下一段钢筋的头部不会触及切刀.

1.2 钢筋切断原理分析

简单来说,钢筋的切断过程就是上下两刀具以相对方向剪切钢筋,钢筋在剪切力的作用下发生变形,当钢筋变形量达到一定程度时,就会发生断裂现象^[19].其实,钢筋切断

的本质就是钢筋受力产生形变进而断裂的过程. 整个过程可以分为剪切变形阶段和滑移断裂阶段. 在不同的阶段, 剪切力是不断变化的^[20]. 在钢筋切断过程中, 钢筋变形阻力变化曲线如图1所示.

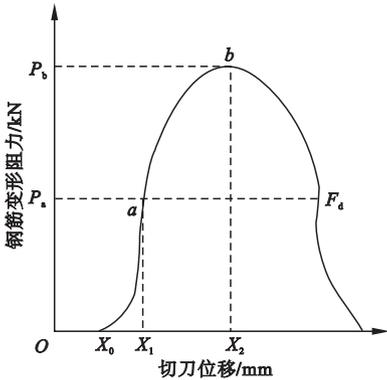


图1 钢筋变形阻力的变化

Fig. 1 Variation of deformation resistance of steel bar

由图1可知, 当切刀位移 $x \in (0, X_0)$ 时, 切刀尚未切入钢筋, 不存在钢筋变形的阻力, 由于此时电机提供的动力矩大于机构内各处摩擦的阻力矩, 所以此阶段飞轮的转速增加, 逐渐积累能量^[21], 积累在飞轮中的动能为

$$E = \frac{1}{2} J_F \omega^2. \quad (3)$$

式中: J_F 为飞轮的转动惯量; ω 为飞轮旋转的角速度.

当切刀位移 $x \in (X_0, X_1)$ 时, 钢筋变形所需要的能量小于电机提供的能量, 即钢筋变形阻力 P 小于电机施加的切断力 F_d , 所以此阶段电机提供的切断力足以提供剪切钢筋所需的力. 钢筋在切断力 F_d 的作用下, 进入钢筋剪切阶段, 形成钢筋变形图中所示的剪切区^[22].

当切刀位移 $x = X_1$ 时, 钢筋变形需要的能量等于电机提供的能量, 即钢筋变形阻力 P 等于电机施加的切断力 F_d . 在切断力 F_d 的作用下, 钢筋继续沿受剪面发生剪切变形, 此时, 钢筋切断过程处于由剪切区向塑变区过渡的临界状态^[23]. 钢筋变形阻力 P 为

$$P = P_a = \frac{\tau}{S}. \quad (4)$$

电机提供的切断力 F_d 为

$$F_d = \frac{9550 \cdot N \cdot i_1 \cdot \eta}{e \cdot n_e}. \quad (5)$$

又可依据 $P_a = F_d$ 得到:

$$S = \frac{\tau \cdot e \cdot n_e}{9550 \cdot N \cdot i_1 \cdot \eta}. \quad (6)$$

式中: N 为电机功率, kW; n_e 为电机转数, r/min; i_1 为电机到飞轮传动比; η 为传动效率; e 为偏心距, mm; τ 为钢筋许用剪切应力, MPa; S 为被剪切面积, mm^2

当切刀位移 $x \in (X_1, X_2)$ 时, 钢筋变形所需的能量大于电机提供的能量, 即钢筋变形阻力 P 大于电机施加的切断力 F_d . 所以此阶段电机提供的切断力不足以满足切断钢筋所需的力, 需要飞轮释放储存的能量来补充额外需要的能量, 从而克服钢筋变形阻力. 在切断力 F_d 和飞轮惯性力的双重作用下, 钢筋会沿受剪面发生塑性变形, 并且发生相对滑移, 形成钢筋变形图中所示的塑变区.

当切刀位移 $x = X_2$ 时, 钢筋变形阻力 P 达到最大值, 飞轮转速继续下降, 释放能量使飞轮施加的惯性力也达到最大. 切刀两侧的钢筋继续沿着剪切面产生相对滑移, 并且会在与切刀刃口接触的地方出现裂纹, 此刻, 钢筋切断过程开始进入滑移断裂阶段.

当切刀位移 $x > X_2$ 时, 钢筋的剪切裂纹逐渐扩展, 剪切断面不断减小, 所需克服的钢筋变形阻力逐渐减小, 直到钢筋被完全切断, 一次完整的钢筋切断过程就完成了.

2 切刀刃角的计算

切刀刃角是钢筋调直切断机切断部分最重要的参数之一. 如果切刀刃角选用不合理, 常常会造成刀具的损坏, 这不仅会浪费大量刀具, 增加加工成本, 还会影响钢筋的切断效果, 严重时可能导致整批钢筋加工不达标. 虽然市场中存在各式各样的飞剪切断机构, 两种典型的飞剪切断机构如图2所示. 图2(a)是由两个相互啮合的齿轮外固定两把切

刀进行剪切,图2(b)是两个相互啮合的齿轮上直接镶嵌两把切刀进行剪切,但是切断刀具的损坏形式基本相同^[24],主要可以概括为刀具折断和崩口两个方面。

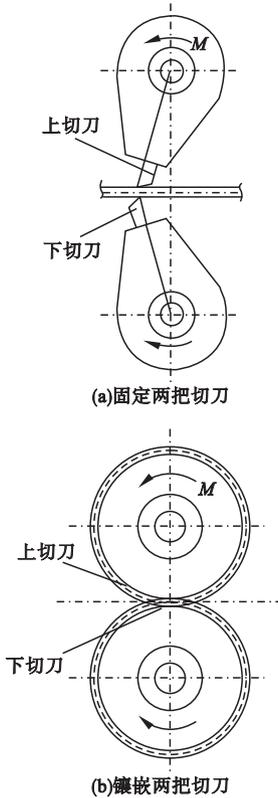


图2 典型飞剪切断机构

Fig. 2 Typical flying shear cutting mechanism

上述刀具损坏形式的出现,主要是由于切断刀具的刃角选用不合理造成的,所以需要刀具刃角的合理选用范围进行计算,进而减少刀具的浪费,降低加工成本.钢筋飞剪切断机构的刀具结构简图如图3所示。

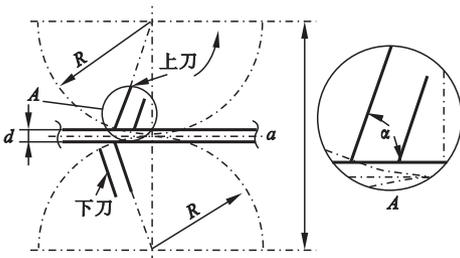


图3 飞剪切断刀具结构简图

Fig. 3 Structure diagram of flying shear cutting tool

钢筋切断过程的理想状态是刀具的切削刃首先触及待切断钢筋^[25].在这种理想状态

下,设切刀刃角为 α ,切刀回转运动的半径为 R ,上下两切刀的回转中心距 $a = 2R$,待切断钢筋的直径为 d .所以依据图3中切刀与钢筋的三角关系可得出切刀刃角的范围:

$$\alpha \leq \arcsin\left(\frac{R - d/2}{R}\right) = \arcsin\left(\frac{a/2 - d/2}{a/2}\right) = \arcsin\left(\frac{a - d}{a}\right). \quad (7)$$

在这里,笔者以GT6/14钢筋调直切断机切断部分为例,进行分析计算,取两切刀回转中心距 $a = 250$ mm,待切断钢筋直径 $d = 10$ mm,代入式(7)中可得切刀刃角 $\alpha \leq 73.74^\circ$,即钢筋直径为10 mm时,切刀刃角最大不能超过 73.74° 。

由于考虑到实际生产加工过程中刀具强度及寿命等问题,切刀刃角的取值不能无限制的减小.所以,笔者以直径 $d = 10$ mm的钢筋为例,选取 $\alpha = 70^\circ$ 、 $\alpha = 45^\circ$ 、 $\alpha = 30^\circ$ 三种切刀刃角的钢筋切断模型进行分析与仿真,从而确定切刀刃角大小对飞剪切断效果的影响。

3 切断模型的建立与仿真

3.1 模型的建立

钢筋调直切断机飞剪切断机构的两把切刀各自通过楔块固定在一对刀夹上,分别通过各自的传动轴与传动齿轮组联动.为了简化分析过程,可将飞剪切断机构简化为由上切断刀、下切断刀与调直后的钢筋组合成的机构,并利用三维软件建立钢筋切断模型,模型建立好之后,将模型导入到有限元分析软件中,如图4所示。

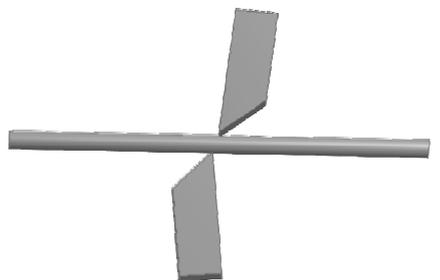


图4 钢筋切断仿真模型

Fig. 4 Simulation model for cutting bar

对模型进行显式动力学有限元分析,首先要进行前处理设置. 钢筋的材料自行设置命名为 XCL, 由于钢筋是弹塑性材料, 所以需要自行添加材料的塑性性能与塑性失效. 塑性失效采用 Johnson - cook Failure, 其中 Johnson - cook 的相关参数 D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 均可以通过拟合得到: $D_1 = -0.36335$ 、 $D_2 = 0.45317$ 、 $D_3 = -0.27311$ 、 $D_4 = D_5 = 0$. 钢筋的密度为 7850 kg/m^3 , 弹性模量为 $2.0 \times 10^{11} \text{ Pa}$, 泊松比为 0.3, 体积模量为 $1.667 \times 10^{11} \text{ Pa}$, 剪切模量为 $7.692 \times 10^{10} \text{ Pa}$.

前处理设置完毕后, 进入 Model, 将上下两把切断刀均设为刚体, 钢筋默认为柔性体, 钢筋材料选为新建的材料 XCL. 对钢筋切断模型中的切刀与钢筋分别进行网格划分, 由于不同的计算区域需要的网格尺寸不同, 而网格尺寸对于计算精度和时间具有重要影响, 所以按照不同尺寸对不同区域进行网格划分, 在不影响计算精度的前提下, 为了缩短计算时间, 可以将上下切刀的网格划分尺寸适当增大, 待切断钢筋的网格划分尺寸适当减小, 这样既可以保证计算结果的精度, 又缩短计算时间.

划分网格时, 首先对模型进行整体控制, 设定 Relevance (关联性) 的值为 50, 再设定 Element Size 的值为 1 mm, 选用六面体单元为主法进行网格划分. 为了提高计算精度, 需要对钢筋模型的网格做进一步的细化, 设定 Element Size 的值为 0.5 mm, 生成网格. 最终, 钢筋切断模型的网格划分结果如图 5 所示.

网格划分之后, 对钢筋切断模型进行施加载荷的操作. 在钢筋的切断过程中, 切刀所受载荷分为两种: 第一种为相对钢筋竖直方向的位移载荷; 第二种为水平方向上较小的位移载荷. 由于需要同时设置这两种载荷, 故可以将两种载荷合并设置成倾斜方向的载荷, 如图 6 所示. 其中, A 为施加在钢筋端部的固定载荷 (Fixed Support), B、C 为施加在两切断刀上倾斜的位移载荷 (Displacement).

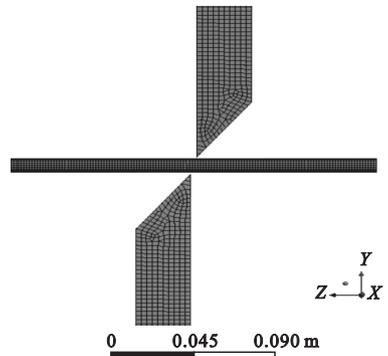


图5 切刀与钢筋的网格划分

Fig. 5 Mesh division of cutting knife and steel bar

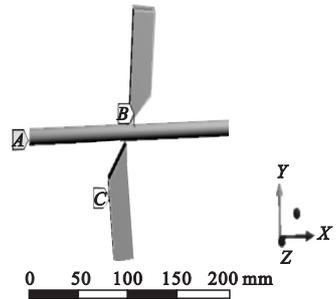


图6 载荷施加位置

Fig. 6 Loading applied position

3.2 切刀刃角对切断效果的影响

在研究切刀刃角的大小对切断效果的影响的仿真切断过程中, 设置钢筋切断时间为 0.01 s, 设置上下两把切刀在竖直方向上到钢筋的距离均为 1 mm, 根据钢筋直径和切刀与钢筋表面之间的距离设定其竖直运动距离为 6 mm. 为了确保分析仿真数据的准确性, 采用控制变量原则, 以上数据均不做改动, 每次仿真分析只需改动切刀刃角的大小. 由于在实际生产加工过程中切刀刃角的取值不能无限制的减小, 所以对切刀刃角 $\alpha = 70^\circ$ 、 $\alpha = 45^\circ$ 、 $\alpha = 30^\circ$ 三种情况进行仿真, 从而来分析切刀刃角的大小对飞剪切断效果的影响.

(1) 切刀刃角 $\alpha = 70^\circ$ 时, 切断仿真应力图如图 7 所示. 从仿真切断过程可以看出, 剪切初始阶段的应力集中发生在钢筋与切刀的接触处, 并且逐渐增大, 剪切结束阶段由于切刀对钢筋产生竖直方向的压力, 类似于悬臂梁结构, 所以此时应力集中发生在被切钢筋的两处固定端且面积较大. 从应力折线图中

可以看出,切刀触及钢筋之前,最大应力与最小应力均为 0 MPa,剪切初始阶段最大应力呈快速上升趋势直至达到 471.04 MPa,超出了弹性极限并产生塑性变形;由于钢筋在断裂过程中会飞溅碎屑,所以最大应力折线图上出现了突变应力值 524.1 MPa;之后的切断过程中最大应力降到 400 MPa 左右并逐渐趋于平稳. 整个切断过程的最小应力值存在波动,发生在剪切初始阶段. 从钢筋的剪切过程和切断结果来看,切刀刃角 $\alpha = 70^\circ$ 时,剪切过程不稳定,切断效果一般,钢筋两侧固定端达到屈服极限的面积较大,应力集中较明显.

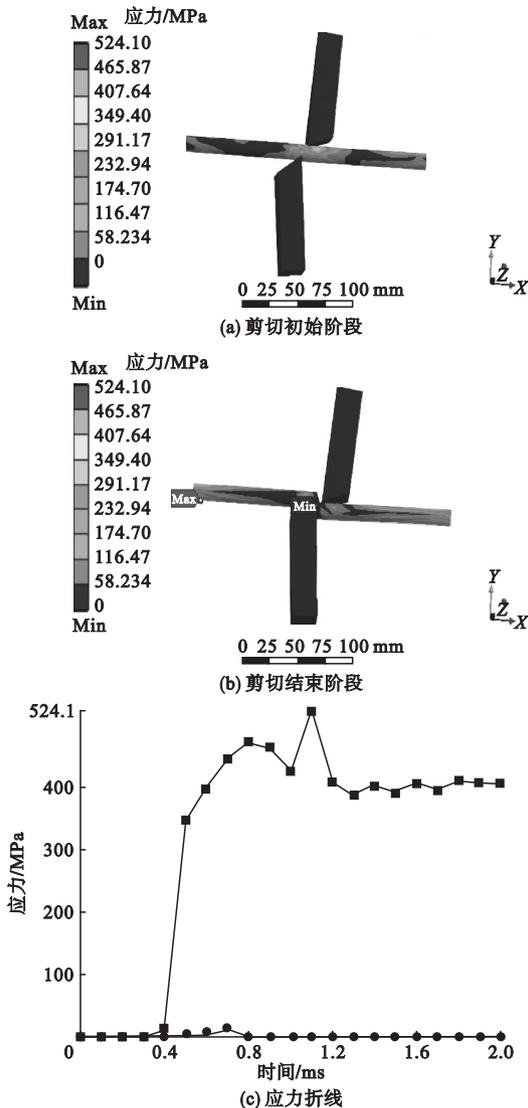


图7 切断仿真应力图($\alpha = 70^\circ$)

(2)切刀刃角 $\alpha = 45^\circ$ 时,切断仿真应力图如图 8 所示. 从仿真切断过程中可以看出,剪切初始阶段应力集中发生在钢筋与切刀接触处和钢筋的左侧固定端,剪切结束阶段的应力集中主要发生在被切断钢筋的左侧固定端. 从应力折线图中可以看出,切刀触及钢筋之前,最大应力与最小应力均为 0 MPa,剪切初始阶段,最大应力快速增长,很快就超过了钢筋的弹性极限并产生塑性变形,随后最大应力一直保持在 410 MPa 左右,切断过程较稳定,在这一阶段会出现整个切断过程中的最大值 414.27 MPa. 接下来,最大应力下降并保持在 340 ~ 370 MPa 波动. 整个切断过程的最小应力值几乎不存在波动. 从钢筋的剪切过程和切断结果来看,切刀刃角 $\alpha = 45^\circ$ 时,切断过程较稳定,切断效果较好,虽然钢筋的固定端应力达到屈服极限,但是面积较小,产生的塑性变形也相对较小,对整体切断效果没有产生较大影响.

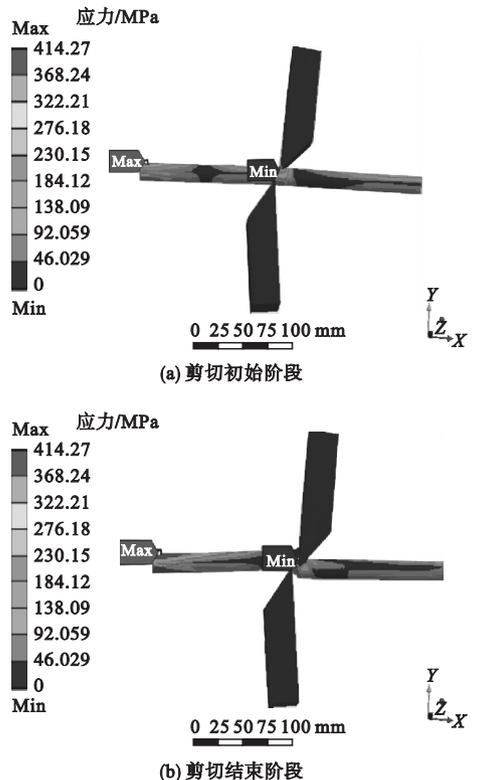


Fig. 7 Simulation stress diagram for cutting with $\alpha = 70^\circ$

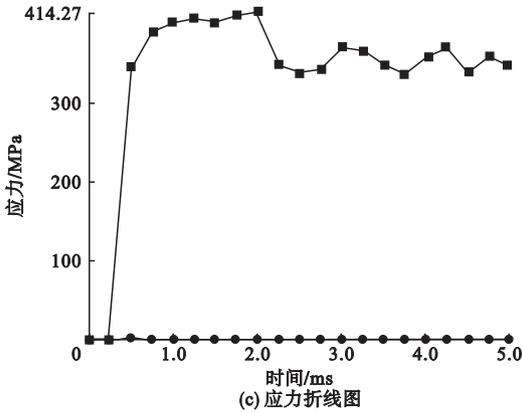
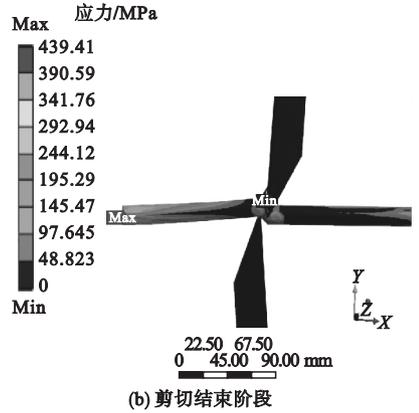
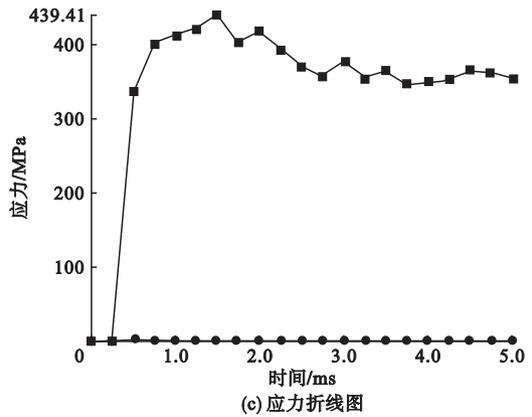


图8 切断仿真应力图($\alpha = 45^\circ$)

Fig. 8 Simulation stress diagram for cutting with $\alpha = 45^\circ$



(b) 剪切结束阶段



(c) 应力折线图

图9 切断仿真应力图($\alpha = 30^\circ$)

Fig. 9 Simulation stress diagram for cutting with $\alpha = 30^\circ$

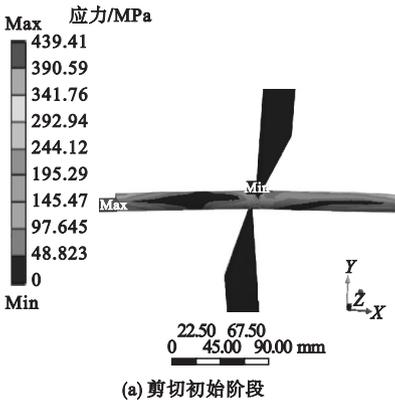
(3) 切刀刃角 $\alpha = 30^\circ$ 时, 切断仿真应力图如图 9 所示. 从仿真切断过程中可以看出, 剪切初始阶段的应力集中发生在钢筋的两侧固定端, 剪切结束阶段的应力集中主要发生在被切断钢筋的左侧固定端. 从应力折线图中可以看出, 切刀触及钢筋之前, 最大应力与最小应力均为 0 MPa, 剪切初始阶段, 最大应力快速增长, 很快就超过了钢筋的弹性极限并产生塑性变形, 随后最大应力呈上升趋势并达到最大值 439.41 MPa. 接下来, 最大应力呈波动式下降趋势, 变化幅度较小, 逐渐稳定在 360 MPa 左右. 整个切断过程的最小应力值几乎不存在波动. 从钢筋的剪切过程和切断结果来看, 切刀刃角 $\alpha = 30^\circ$ 时, 整体应力幅度变化小, 切断过程稳定, 钢筋固定端达到屈服极限的应力面积小且分布均匀, 产生塑性形变的面积也较小, 切断效果较好.

4 仿真结果分析

基于上述仿真结果, 进行对比分析:

(1) 切刀刃角分别为 70° 与 45° 的仿真结果对比. 切断过程中, 前者会产生飞溅碎屑, 导致应力发生突变, 所以前者的最大应力最大值要远大于后者; 切断后期前者趋于稳定时的应力也要比后者大, 说明前者的应力集中较明显. 所以无论从切断过程方面还是切断效果方面对比, 后者都要优于前者.

(2) 切刀刃角分别为 45° 与 30° 的仿真结果对比. 切断过程中, 前者的最大应力最大值要小于后者; 但是切断后期前者趋于稳定时的应力要比后者小; 从整体切断过程来看, 前者的应力波动幅度要比后者大, 说明后者切断过程较稳定, 应力集中面积小且均匀. 所



(a) 剪切初始阶段

以,综合分析来看,后者要优于前者。

5 结 论

(1)切刀刃角为 70° 时,整体剪切应力较大且有较大波动,剪切后期应力稳定在400 MPa左右,剪切过程不稳定,切断效果一般,钢筋两侧固定端达到屈服极限的面积较大,应力集中较明显;切刀刃角为 45° 时的应力要小于 70° 时的应力且波动不大,剪切后期应力稳定在340~370 MPa,切断过程较稳定,切断效果较好,钢筋固定端应力达到屈服极限的面积较小,产生的塑性变形也相对较小;切刀刃角为 30° 时,应力变化幅度小,切断过程稳定,剪切后期应力稳定在360 MPa左右,钢筋固定端的应力集中的面积小且均匀,切断效果较为理想。

(2)在相同条件下,切刀刃角越小,应力集中越小,对钢筋切断机的切断能力要求越小,切断效果越好。

(3)上述分析研究结果,为进一步提高钢筋切断机的剪切性能及相关分析提供了参考和帮助,也为今后的刀具设计与优化提供了一定的理论基础。在此基础上,可以进一步分析刀具切断钢筋的应力分布云图,更改刀具材料或被剪切材料,进行类似的剪切实验。

参考文献

- [1] 肖强. 基于ANSYS Workbench的钢筋切断机有限元分析与优化[D]. 太原:太原科技大学,2015.
(XIAO Qiang. Finite element analysis and optimization of steel bar cutting machine based on ANSYS Workbench [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Science and Technology, 2015)
- [2] 陈士忠,王永华,吴玉厚. 钢筋调直机调直辊设计与分析[J]. 建筑机械化,2015,36(3):76-79.
(CHEN Shizhong, WANG Yonghua, WU Yuhou. Design and analysis of reinforced straightening machine straightening roller [J]. Construction mechanization, 2015, 36(3):76-79.)
- [3] 陈士忠,贾千业,王永华. 钢筋调直切断机切断传动机构分析与优化[J]. 建筑机械化,2017,38(4):23-26.
(CHEN Shizhong, JIA Qianye, WANG Yonghua. Analysis and optimization of reinforcing bars straighten cutter cutting transmission mechanism [J]. Construction mechanization, 2017, 38(4):23-26.)
- [4] 侯英,侯士江. 调直切断机造型设计[J]. 机械设计,2016,33(6):129.
(HOU Ying, HOU Shijiang. Modeling design of straightening and cutting machine [J]. Journal of machine design, 2016, 33(6):129.)
- [5] 陶浩,段红杰. 钢筋切断机的动力学性能[J]. 煤矿机械,2008(5):81-83.
(TAO Hao, DUAN Hongjie. Dynamic performance of steel bar cutting machine [J]. Coal mine machinery, 2008(5):81-83.)
- [6] 田野. 钢筋调直切断机飞剪刀具损坏原因分析[J]. 建筑机械化,2005(6):62-63.
(TIAN Ye. Mangling analysis of sword severing machine in reinforcing bars straighten cutter [J]. Construction mechanization, 2005(6):62-63.)
- [7] 刘中,朱振华,卫青珍. 基于LS-DYNA的钢筋切断机剪切钢筋的动态仿真[J]. 太原科技大学学报,2011,32(1):33-36.
(LIU Zhong, ZHU Zhenhua, WEI Qingzhen. Dynamic simulation of shear steel bar of steel bar cutting machine based on LS-DYNA [J]. Journal of Taiyuan university of science and technology, 2011, 32(1):33-36.)
- [8] TOMASZ S, JULIE B, DIRK B, et al. Identification of risk factors for campylobacter contamination levels on broiler carcasses during the slaughter process [J]. International journal of food microbiology, 2016, 226:26-32.
- [9] 徐贺伟,卢秀春,杨荣刚. 新型矫直机矫直辊系模态分析[J]. 制造业自动化,2016,38(8):26-30.
(XU Hewei, LU Xiuchun, YANG Ronggang. Modal analysis of straightening roll system of new leveller [J]. Manufacturing automation, 2016, 38(8):26-30.)
- [10] 王良文,陈学文. 国产钢筋切断机的生产现状与改良方向[J]. 建设机械技术与管理,2009,22(3):113-115.
(WANG Liangwen, CHEN Xuewen. Production status and improvement direction of domestic steel bar cutting machine [J]. Construction machinery technology & management, 2009, 22(3):113-115.)
- [11] 段红杰,陶浩. 钢筋切断机动力学仿真设计[J]. 制造业自动化,2010,32(4):143-145.
(DUAN Hongjie, TAO Hao. Dynamic simulation design of steel bar cutting machine [J]. Manufacturing automation, 2010, 32(4):143-145.)
- [12] 卢黎明,刘海涛,胡星,等. 调直切断机切断系统设计与分析[J]. 机床与液压,2017,45(20):45-48.

- (LU Liming, LIU Haitao, HU Xing, et al. Design and analysis of cutting system of straightening and cutting machine [J]. Machine tool & hydraulics, 2017, 45(20): 45-48.)
- [13] 田野. 我国钢筋调直切断机的现状及发展[J]. 建筑机械化, 2005(1): 23-24.
(TIAN Ye. Current situation and development of reinforcing bars straighten cutter in China [J]. Construction mechanization, 2005(1): 23-24.)
- [14] PAPAGEORGIOU D G, VARVAGIANNIS S, SIDERIS J, et al. Fracture analysis of a cutting tool used in a straightening and twin bended system for coiled re-bars machine [J]. Engineering failure analysis, 2016, 59: 347-353.
- [15] 李娟娟. 偏心摆式飞剪机构的最优化分析与研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2014.
(LI Juanjuan. Optimization analysis and study of eccentric pendulum flying shear mechanism [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2014.)
- [16] 杨中锋. 凸轮摆杆剪切系统研究与性能分析[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2013.
(YANG Zhongfeng. Research and performance analysis of shearing system of cam pendulum rod [D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2013.)
- [17] 朱伟. 工程钢筋加工成型技术与配送工法研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2013.
(ZHU Wei. Study on processing and forming technology and distribution method of engineering reinforcement [D]. Shenyang: Shenyang Jianzhu University, 2013.)
- [18] 张晓松. 曲柄摇杆式飞剪剪切机构的优化设计[J]. 机械研究与应用, 2010(5): 74-75.
(ZHANG Xiaosong. Optimization design of crank rocker flying shear mechanism [J]. Mechanical research and application, 2010(5): 74-75.)
- [19] 唐清亮, 原一高, 朱世根. 化纤切断刀刃口角度的模拟分析与设计[J]. 工具技术, 2010, 44(8): 68-70.
(TANG Qingliang, YUAN Yigao, ZHU Shigen. Simulation analysis and design of cutting edge angle of chemical fiber cutting tool [J]. Tools technology, 2010, 44(8): 68-70.)
- [20] JOSE M C, RUTE J M. The efforts in the forearm during the use of anti-vibration gloves in simulated work tasks [J]. International journal of industrial ergonomics, 2011, 41(3).
- [21] 刘香, 倪东阳, 李娟. 预制带肋钢筋桁架叠合板的试验与有限元分析[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2018, 34(1): 42-52.
(LIU Xiang, NI Dongyang, LI Juan. Test and finite element analysis of prefabricated steel truss composite slab with ribs [J]. Journal of Shenyang jianzhu university (natural science edition), 2018, 34(1): 42-52.)
- [22] 单正娅, 郭琼. 全自动钢筋调直切断控制系统设计与实现[J]. 制造业自动化, 2014, 36(24): 133-136.
(SHAN Zhengya, GUO Qiong. Design and implementation of automatic steel bar straightening and cutting control system [J]. Manufacturing automation, 2014, 36(24): 133-136.)
- [23] 王正浩, 张杜娟. 基于 Ansys Workbench 的 CJ190Z4 机床主轴实验模型振动力学分析[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2018, 34(1): 141-149.
(WANG Zhenghao, ZHANG Dujuan. Analysis of the vibration mechanics of the experimental model of the spindle of CJ190Z4 machine tool based on Ansys Workbench [J]. Journal of Shenyang jianzhu university (natural science), 2018, 34(1): 141-149.)
- [24] 许少云. 钢筋切断机有限元分析与动力学研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2014.
(XU Shaoyun. Finite element analysis and dynamics study of steel bar cutting machine [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Science and Technology, 2014.)
- [25] 王云峰. 调直切断机转鼓调直机构及液压切断系统的设计与分析[D]. 南昌: 华东交通大学, 2015.
(WANG Yunfeng. Design and analysis of the straightening mechanism and hydraulic cutting system of the straightening and cutting machine [D]. Nanchang: East China Jiaotong University, 2015.)
- (责任编辑: 刘春光 英文审校: 范丽婷)