水洗及水浴对秸秆燃料燃烧结渣特性的影响

刘兵[1]，李瑞华[1, 2]，马孝琴[1]，逄明华[1]，陈彦新[1]

（1.河南科技学院机电学院，河南新乡453003；2.河南经济贸易高级技工学校，河南新乡453000）

摘要：碱金属的存在使得生物质秸秆在燃烧过程中会出现结渣问题。采用水洗及水浴的方法对小麦秆、稻秆、玉米秆碎屑进行预处理，测定其烧结强度指数（SII值），考察水洗及水浴对秸秆燃烧结渣特性的影响。结果表明：秸秆经水洗及水浴预处理后，样品的烧结强度指数明显减小，可以达到缓解结渣的效果。

生物质能源因其清洁性、可持续性、资源量巨大以及容易获取等优点而成为世界热门课题之一，许多国家都制定了生物质能源研究计划。我国的生物质能源十分丰富，除了少部分用作家畜饲料和工业原料，其余都为农村炊事、取暖所用。在当前我国面临经济发展与环境保护双重压力的形势下，改变能源结构、开发利用生物质等可再生能源对于可持续发展具有重大意义。

与煤相比，生物质燃料中碱金属元素含量较高，这导致生物质在利用过程中存在积灰、结渣和腐蚀现象，严重影响

$_2O \cdot 4SiO_2$
，熔融的共晶体包裹在灰粒表面，被包裹的灰粒之间相互粘结，从而形成渣块。因此，通过研究生物质燃料的燃烧特性及结渣特性，找到改善其结渣性能、抑制结渣问题的方法，具有重要意义。有研究表明，选择合适的添加剂加入到生物质燃料中，使其在燃烧过程中与生物质中的元素反应，从而改变灰的成分，提高灰分的熔点，可达到缓解结渣的效果；或将生物质燃料与煤之间按一定比例进行混烧，从而改变灰分中矿物质比例。

本研究采用不同工况条件（即不同水浴温度和水浴时间）对秸秆进行预处理，测定秸秆烧结强度指数，考察水洗及水浴对生物质秸秆燃烧结渣特性的影响。

1材料与方法

1.1试验原料

试验选用3种生物质原料：小麦秆、稻秆、玉米秆，均取自河南省新乡市，在自然条件下风干。3种秸秆原料的工业分析结果见表1，其中M_{ad}，A_{ad}，V_{ad}，FC_{ad}
分别为秸秆空干基水分、灰分、挥发分和固定碳的质量分数；Q为单位热量。3种秸秆原料的元素分析结果见表2。

表1　3种秸秆工业分析情况

Table 1　The industrial analysis of the three straws

燃料种类	M_{ad}/%	A_{ad}/%	V_{ad}/%	FC_{ad}/%	Q/(MJ/kg)
小麦秆	4.36	9.41	66.80	19.31	18.40
稻秆	3.63	13.62	66.40	16.32	17.30
玉米秆	6.12	10.23	71.00	12.69	17.60

表2　3种秸秆的元素分析

Table 2　The elemental analysis of the three straws

燃料种类	$[C]_{ad}$/%	$[H]_{ad}$/%	$[O]_{ad}$/%	$[N]_{ad}$/%	$[S]_{ad}$/%
小麦秆	49.61	6.20	35.03	0.60	0.07
稻秆	48.30	5.31	33.96	0.80	0.09
玉米秆	49.30	6.00	37.85	0.70	0.10

1.2仪器设备

AL140电子天平：梅特勒—托列多上海有限公司；JXL－620型节能马弗炉；SIRION场发射扫描电镜：SEN／EDS荷兰FEI公司；高速粉碎机；电热恒温鼓风干燥箱；电热恒温水浴锅。

1.3试验方法

1.3.1试验过程 原料水洗预处理：将3种生物质原料分别置于烧杯中，用去离子水浸泡1～2min，捞出烘干；原料水浴预处理：将3种原料分别置于高温水浴锅中，在30，45，60，75，90℃下浸泡30min和60min。将经过预处理的原料分别在电热恒温鼓风干燥箱中干燥12h，确认干燥后取出，利用小型高速粉碎机将原料充分粉碎，然后过80目标准筛，得到小于0.2mm粉末，备用。将以上各工况下制得的秸秆试样分别在智能马弗炉中进行快速灰化，测定各个试样的烧结强度指数SII值，并对其规律性进行分析。

1.3.2 SII值计算方法 生物质灰分的烧结强度指数SII值，是指将80目的秸秆粉末试样在一定的温度下进行快速灰化，用具体数值替代直观判断来量化烧结程度。取瓷舟（质量记录为mp），取80目以下的秸秆粉末试样（质量记录为m），在马弗炉中以一定的温度进行快速灰化，待恒重后记录质量mt。

1）当灰样微熔时（即可用海绵条划动时），将瓷舟和灰样倒扣于80目筛子中，轻弹瓷舟底部，直至没有灰落入筛子中，然后手动或在小型振动筛中筛灰，直至没有灰粒掉落为止，掉落的灰粒质量记录为ma，此时灰样的烧结强度指数：SII＝1-（ma／mt-mp），SII∈[0，1]。

2）当烧结强度指数SII＞1时（即用海绵条划不动时），参照莫氏硬度法，参照物SII值见表3。

表 3　参照物烧结强度指数
Table 3　The sintering index of reference substance

参照物	海绵条	白粉笔	2B 铅笔芯	滑石笔	方解石	铝合金	不锈钢刀片
SII	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0

2结果与分析

2.1 3种秸秆烧结强度指数

1）不同水洗及水浴工况下小麦秆试样烧结强度指数见表4，其烧结强度指数变化情况如图1所示。

表 4　不同水洗及水浴工况下小麦秆的烧结强度指数
Table 4　The sintering index of wheat straw in different washing and water bath working condition

灰化温度/℃	原样	水洗	水浴									
			30 ℃		45 ℃		60 ℃		75 ℃		90 ℃	
			30 min	60 min	30 min	60 min	30 min	60 min	30 min	60 min	30 min	60 min
800	3.0	1.8	1.3	1.4	1.4	2.2	1.5	1.3	1.5	1.4	2.2	2.4
900	>4.0	2.0	1.6	1.7	1.7	1.8	2.0	2.0	2.1	2.5	2.6	2.7

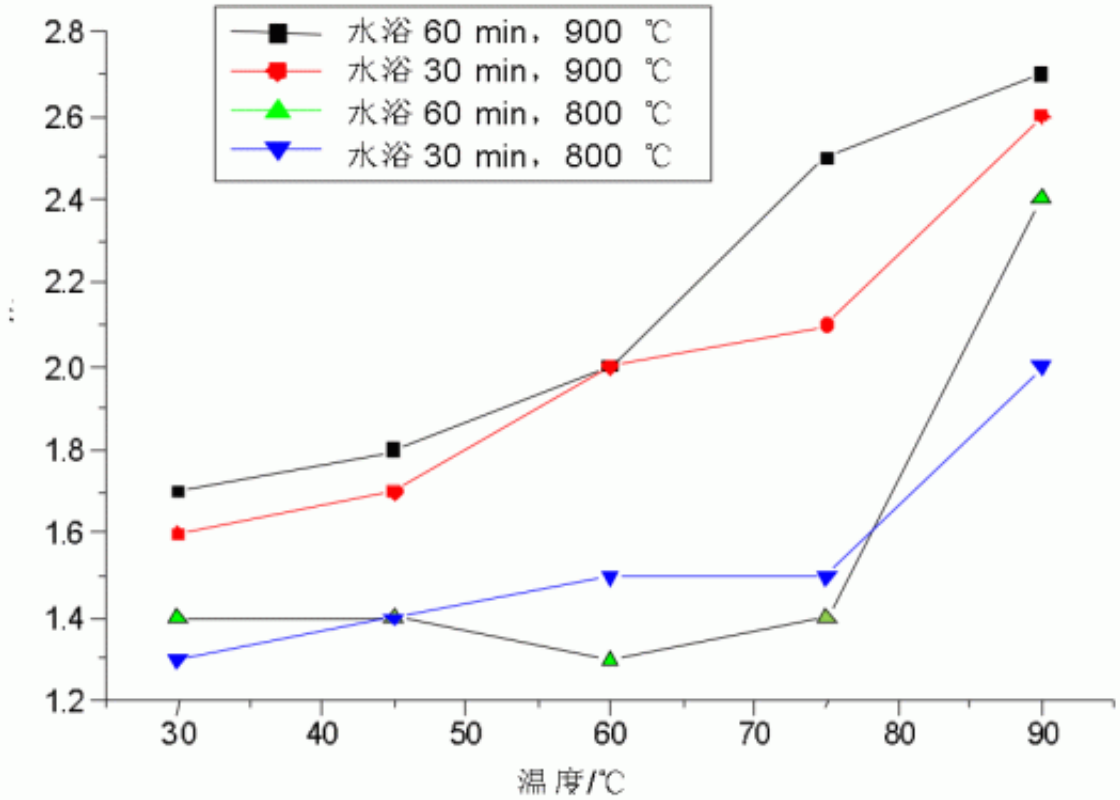


图 1　小麦秆 SII 值变化曲线

Figure 1　The change cure of SII value of wheat stem

由表4和图1可以看出：小麦秆800°C灰化时，相比于原样，其水洗及水浴后烧结强度指数明显减小；但随着水浴温度升高，水浴30min和60min的SII值减小幅度均逐渐降低。水浴30min时60°C处理的缓解结渣效果最好，水浴60min时30°C效果最好。小麦秆900°C灰化时，相比于原样，其水洗及水浴后烧结强度指数明显减小；但随着水浴温度升高，水浴30min和60min的SII值减小幅度均逐渐降低，当水浴温度达到75°C后效果反而不如水洗处理。水浴30min时30°C效果最好，水浴60min时30°C效果最好。

2）由于基本工况相同，稻秆和玉米秆的水洗及水浴工况和烧结强度指数不再用表格列出，只列出其烧结强度指数变化曲线，分别如图2和图3所示。

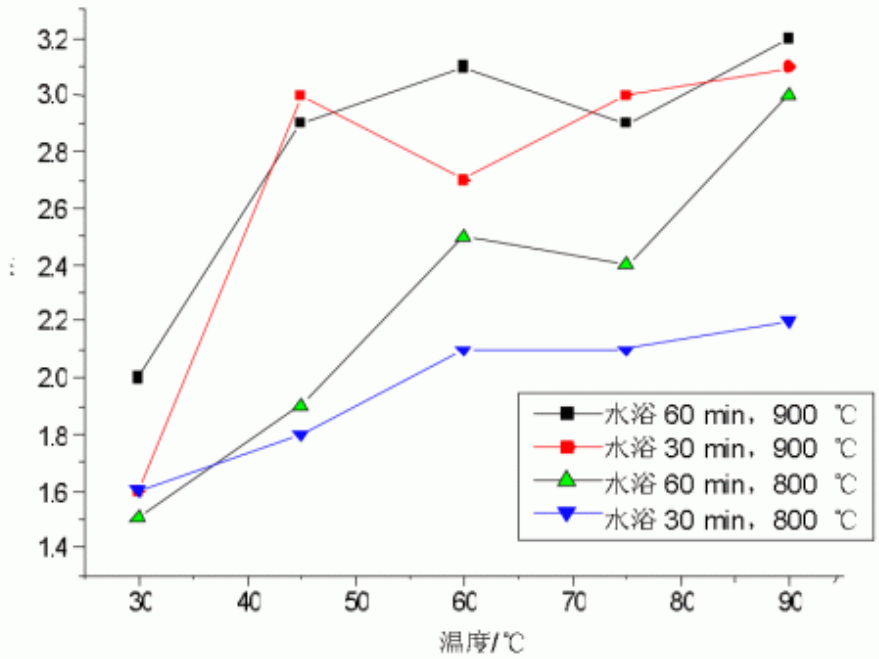


图 2　稻秆 SII 值变化曲线

Figure 2　The change cure of SII value of rice straw

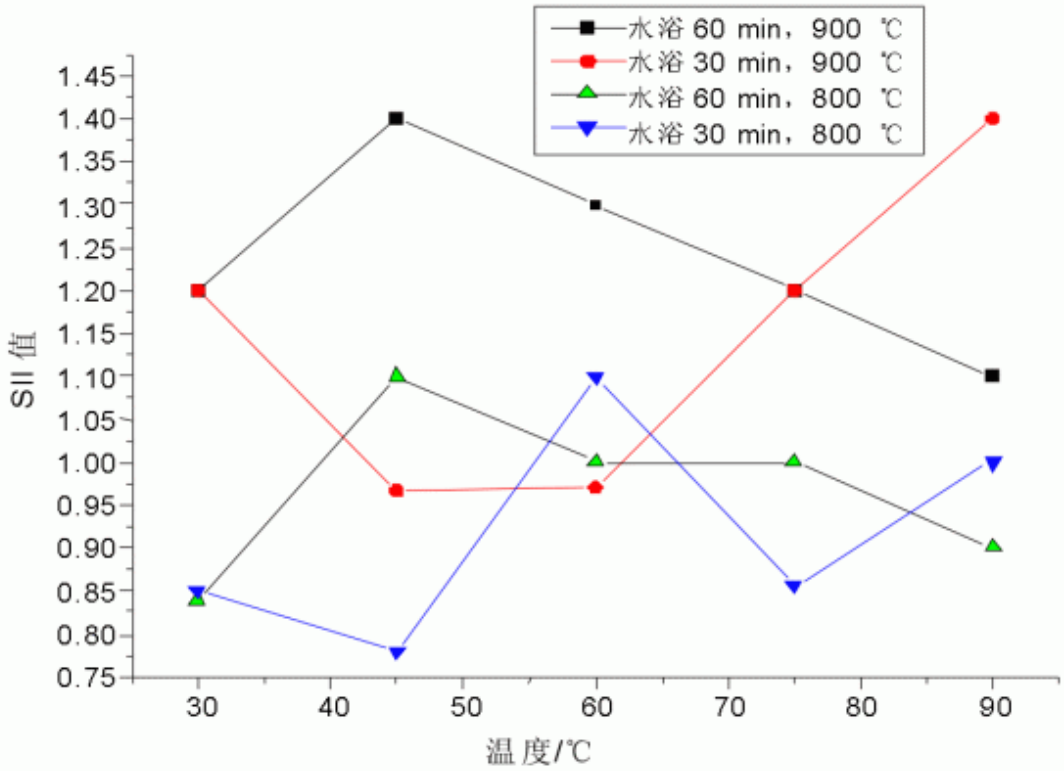


图 3　玉米秆 SII 值变化曲线

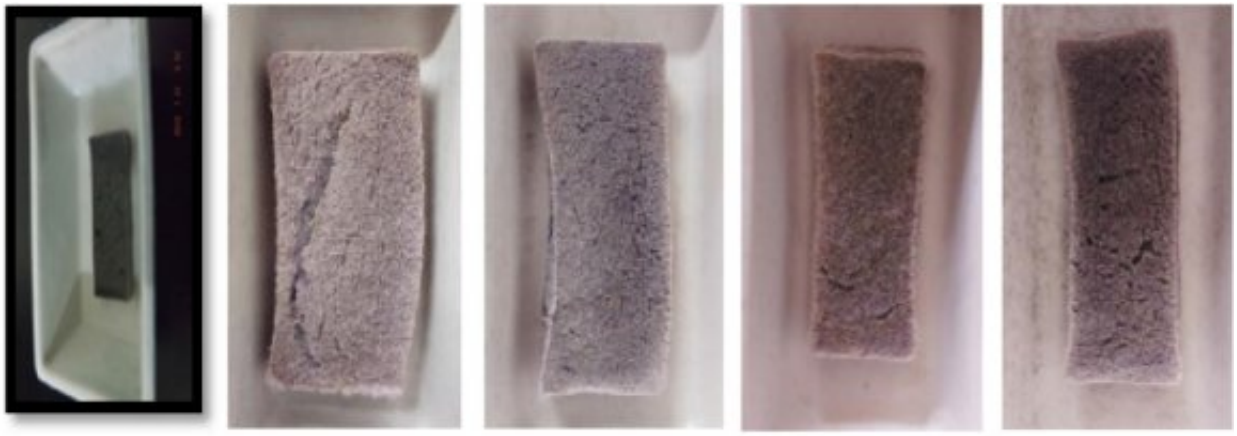
Figure 3　The change cure of SII of value corn stalk

由图2可以看出：稻秆800°C灰化时，相比于原样，水洗及水浴处理后烧结强度指数明显减小；但随着水浴温度升高，水浴30min和60min的SII值减小幅度均逐渐降低。水浴30min时30°C处理的缓解结渣效果最好，水浴60min时30°C效果最好。稻秆900°C灰化时，相比于原样，水洗及水浴处理后烧结强度指数明显减小；但随着水浴温度升高，水浴30min和60min的SII值减小幅度均逐渐降低，当水浴温度达到45°C后效果反而不如水洗处理。水浴30min时30°C效果最好。

由图3可以看出：玉米秆800°C灰化时，随着水浴温度升高，水浴30min和60min的SII值减小幅度均逐渐降低。水浴30min时45°C处理的缓解结渣效果最好，水浴60min时30°C效果最好。玉米秆900°C灰化时，相比于原样，水洗及水浴处理后烧结强度指数明显减小。水浴30min时45°C和60°C效果最好，水浴60min时90°C效果最好。

2.2灰样分析

以稻秆灰样（如图4所示）为例，分析不同工况下灰样的理化性质。



a　　b　　c　　d　　e

a. 无预处理；b. 30 ℃，30 min，800 ℃；c. 60 ℃，60 min，800 ℃；d. 30 ℃，30 min，900 ℃；e. 60 ℃，30 min，900 ℃

图 4　稻秆灰样

Figure 4　The ash sample of the rice straw

由图4可以看出：经过预处理的秸秆灰样，其结渣问题得到明显改善。在相同灰化温度、相同水浴时间条件下，不同水浴温度的灰样表面表现出不同的形式，具有一定的差异性。灰化温度为800°C时，灰样表面颜色变化不大，表面裂纹随着水浴温度升高逐渐变大。

3结论

在生物质燃烧结渣特性试验基础上，研究不同水洗及水浴条件对生物质结渣性能的影响。结果表明：水洗及水浴处理对不同生物质的结渣性能影响略有差异。水洗处理后，小麦秆、稻秆、玉米秆烧结强度指数均显著减小，缓解结渣效果较好；水浴处理后，小麦秆、稻秆、玉米秆烧结强度指数均显著减小，缓解结渣效果较为理想，但均随着水浴温度升高而效果减弱。不同的是，小麦秆、稻秆均在水浴30°C时效果最好，而玉米秆则是水洗后效果最好。

参考文献

[1]刘圣勇，张白良，张全国，等.玉米秸秆成型燃料锅炉的设计与试验研究[J].热科学与技术，2003，2（2）：71—75.

[2]马孝琴，秦建光，骆仲泱，等.添加剂对稻草灰熔融特性影响的实验研究[J].浙江大学学报：工学版，2010，44（8

）：103－109.

[3]马孝琴，骆仲泱，方梦祥，等.添加剂对秸秆燃烧过程中碱金属行为的影响[J].浙江大学学报：工学版，2006，40（4）：44－50.

[4]TAN Z，LAGERKVIST A.Phosporus recovery from the biomass ash：review[J].Renewable and Sustainnable Ennergy Reviewsw，2011，15（8）：3588－3602.

[5]袁艳文.添加剂对玉米秸秆颗粒燃烧结渣特性的影响[J].农业工程学报，2011，27（2）：99－103.

[6]刘兵，李瑞华，马孝琴.添加剂对玉米秸秆燃烧结渣特性的影响[J].河南科技学院学报：自然科学版，2015（1）：5－10，14.

[7]刘兵，马孝琴，安爱琴，等.添加剂对小麦秸秆燃烧结渣特性的影响研究[J].湖北农业科学，2016（6）：1562－1565，1622.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/171578.html