

ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МЕТАЛЛУРГОВ В ДЮССЕЛЬДОРФЕ (ГЕРМАНИЯ) «СТАЛЬ 2011»

В этом году конференция проходила под девизом «Знания, материалы, ценности». Этим подчеркивалась роль науки в развитии новых материалов и роль материалов в арсенале общественных ценностей. Как всегда, на конференции присутствовали представители металлургических и машиностроительных предприятий, фирм, производящих оборудование и измерительную технику, исследовательских организаций, технических университетов, экономических служб, печати, радиовещания и телевидения. В качестве участников конференции, как и обычно, зарегистрировались около 3 тыс. человек. Реальное число участников конференции было заметно ниже.

На конференции работали следующие секции:

- развитие отрасли в стране и в мире;
- стальные облегченные конструкции для средств передвижения будущего;
- оптимизация производства стали с использованием новых установок для выплавки стали и дальнейшей ее переработки;
- условия соревнования региональных рынков стали;
- альтернативные процессы производства чугуна и технологии, способствующие уменьшению выбросов углекислого газа;
- новые тенденции в энергетической и ресурсосберегающей политике.

Состояние отрасли

Основные данные были приведены в докладе президента экономического объединения сталь Ганса-Юргена Керкхофа (Hans Juergen Kerkhoff) «Сильная металлургическая промышленность как предпосылка неуклонного роста экономики». Негативные тенденции долгового кризиса европейских государств не прошли полностью мимо металлургической отрасли, омрачив несколько ситуацию на рынке. Тем не менее, все говорит о том, что эти проблемы носят временный характер, а на практике следует все же считаться с растущим спросом на сталь как основной промышленный материал и в соответствии с этим с неуклонным ростом металлургического производства. Германский рынок стали в течение первых семи месяцев 2011 г. показывал положительную динамику. Рост составил около 17 % и при этом объем продажи стали достиг уровня докризисного 2008 года. Согласно прогнозам производство жидкой стали в этом году достигнет 45,5 млн т по сравнению с 43,8 млн т в прошлом году.

Динамика производства стали в мире представлена в таблице 1. В различных странах Евросоюза складывается неодинаковая ситуация с развитием металлургии. В то время как металлургическое производство в Германии и Польше заметно растет, в Испании наблюдается спад примерно на 1,7 %. В целом в ЕС предполагается рост производства стали в 2011 г. на 7 % до уровня 155 млн т. В 2012 г. предполагается более скромный рост – примерно на 2,5 % до 158,9 млн т, что составит только 80 % от пикового объема производства в 2007 г. В отдельных странах ЕС производство стали вырастет заметнее, например, в Польше на 9,5 % в 2011 году.

В США рост производства стали в 2011 г. должен составить 11,6 %, а в 2012–5,2 %, что будет соответствовать объему производства 93,8 млн т. И здесь объем производства 2012 г. еще не достигнет уровня 2007 г. и составит около 87 % от него. Если рассматривать страны Северной Америки в целом, то рост производства в 2011 и 2012 гг. составит соответственно 9 и 4,9 %. В Центральной и Южной Америке предполагается в 2011 г. рост на 4,7 % с достижением объема производства 47,8 млн т, в 2012 г. соответственно на 9,8 % до объема 52,4 млн т. Это почти на 28 % выше уровня докризисного 2007 года.

В Японии ожидается в этом году снижение производства стали на 2, % до 61,8 млн. т, главным образом, в связи с последствиями землетрясения. В 2012 г. ожидается прирост на 0,8 % до уровня 62,3 млн т, что составит лишь 7 % от уровня производства докризисного 2007 года. В странах СНГ ожидается заметный прирост производства в текущем, 2011 году – порядка 14,4 %, а затем в 2012 г. еще на 7 %. В результате общий объем производства достигнет в 2012 г. почти 60 млн. т, что будет рекордным уровнем для региона.

Мир уже привык к тому, что рост мировой экономики определяется в значительной мере развивающимися странами. В 2012 г. на их долю будет приходиться около 73 % мирового производства стали. Особую роль играют страны юго-восточной Азии, в частности Китай и Индия. В 2011 г. производство стали в Китае возрастет на 7,5 % и достигнет уровня 643,2 т. В 2012 г. эти показатели составят соответственно 6,0 % и 681,6 т. Это означает, что в 2012 г. на долю Китая будет приходиться около 46 % мирового производства стали. Неудивительно поэтому, что многие эксперты, как и в прошлом году, предлагают рассматривать отдельно развитие Китая и остальных стран мира, кроме Китая. В Индии рост производства стали в 2011 г. предполагается на 4,3 % с достижением уровня 67,7 млн т, а в 2012 г. еще на 7,9 %. В 2013 году Индия планирует стать вторым крупнейшим в мире производителем стали.

Таблица 1 – Объем производства стали в различных регионах мира (данные 2011 и 2012 гг. представлены согласно прогнозу)

Регионы	Объем производства, млн.т			Рост по сравнению с предыдущим годом, %		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Евросоюз (27)	144,9	155	158,9	21,1	7	2,5
Остальные европейские страны	29,6	33	34,8	24	11,3	5,7
США, Канада и Мексика	110,9	120,9	126,8	32,8	9	4,9
Страны СНГ	48,6	55,6	59,8	34,5	14,4	7,5
Центральная и Южная Америка	45,6	47,8	52,4	35,2	4,7	9,8
Африка	24,5	21,4	23,8	-8,9	-12,7	11
Средний Восток	47,6	50	53,9	14,6	5	7,9
Азия и Океания	860,6	914,1	963,1	11,1	6,2	5,4
Всего в мире	1312,4	1397,5	1473,6	15,1	6,5	5,4
В т.ч.: Развитые страны	372,7	392,9	403	24,4	5,4	2,6
Развивающиеся страны	939,6	1004,6	1070,6	11,8	6,9	6,6
В т.ч. Китай	598,1	643,2	681,6	8,5	7,5	6
Мировое производство без Китая	714,3	754,3	792	21,3	5,6	5

Предполагается в перспективе ввести в эксплуатацию новые мощности с увеличением годового объема производства до 120 млн т. Ежегодно объемы выпуска металла в стране будут повышаться на 10–15 %. Следующий пятилетний план развития страны предусматривает удвоение инвестиций в экономику – от 500 млрд. до 1 трлн. долларов. О перспективах металлургии Индии говорит тот факт, что Индия в 2010–2011 финансовом году сократила импорт готовой стальной продукции на 8,1 %, до 6,8 млн т. В то же время экспорт готовой стальной продукции вырос с 3,3 млн т до 3,5 млн т. Важной предпосылкой развития металлургии Индии являются крупные запасы железной руды в этой стране. Сегодня Индия является третьим в мире экспортером руды после Австралии и Бразилии.

Ганс Юрген Керкхоф (Hans Juergen Kerkhoff) остановился также на некоторых политико-экономических аспектах, касающихся металлургической отрасли. Отказ Германии от использования ядерной энергии и переход на новые, возобновляемые источники энергии приводит к резкому удорожанию электроэнергии – около 6,4 € за МВт·ч. Даже по сравнению с рядом находящейся Францией цены на электроэнергию в Германии на 40 % выше. Это ставит германскую металлургию в особо сложные условия. Для того, чтобы не снизить конкурентоспособность отрасли должны приниматься определенные политические решения. В этом плане существуют специальные правила компенсации, принятые Евросоюзом. Речь идет о том, чтобы за счет этих компенсаций поставить отрасль в условия, сопоставимые с ее положением в других регионах. В Германии, например, особо энергоемкие отрасли промышленности освобождены от доплаты за электроэнергию, связанной с созданием новых возобновляемых источников. Однако сейчас имеется серьезная озабоченность, что Брюссель будет сокращать такие компенсации. Большие трудности создаются внутри всего Евросоюза в связи с распределением квот на выделения CO₂. Металлургия других регионов не сталкивается с этой проблемой. Поэтому без компенсации этих дополнительных финансовых нагрузок европейская металлургическая промышленность также может оказаться неконкурентоспособной.

Металлургические предприятия Германии и европейское металлургическое объединение Eurofer подали 21 июля 2011 г. иск в Европейский суд в связи с запланированными начиная с 2013 г., дополнительными финансовыми мероприятиями по защите климата, которые могут представлять серьезную угрозу отрасли. Так, планируется повысить стоимость сертификатов на выделения CO₂ до 30 % и понизить соответствующие нормы на 10–15 %. До тех пор, пока европейская концепция защиты климата не находит поддержку в других регионах, ее воздействие может стать отрицательным не только в плане конкурентоспособности металлургии, но и непосредственно в плане защиты климата. Имеется реальная опасность, что европейские предприниматели предпочтут перенести свои предприятия в другие регионы, где не действует столь жесткая система ограничений. В этом случае загрязнения воздушной среды в целом на планете только возрастут. Политики также не должны забывать, что именно металлургия является той отраслью, которая создает базу для перехода к новым источникам энергии. Так, конструкции ветряных энергетических установок состоят на 80 % из стали.

Во многих землях ФРГ в настоящее время партия «зеленых» входит в правящую коалицию. Под влиянием этой партии делаются попытки принимать еще более жесткие законы по защите климата. В этом плане был интересен доклад на тему «Земельная политика между защитой климата и конкурентоспособностью промышленности», с которым выступил министр экономики, энергетики, строительства, жилья и транспорта федеральной земли Северный Рейн – Вестфалия Гарри Фойгтсбергер (Harry Voigtsberger). Докладчик отметил, что вопросы защиты климата должны решаться в международном масштабе, а не в отдельных регионах. Выделения углекислого газа в атмосферу определяются совместной производственной деятельностью предприятий во всем мире. Если говорить о металлургической отрасли, то здесь ведущую роль играет позиция таких крупнейших производителей как Китай, США и Россия. Дополнительные экологические мероприятия в отдельном регионе никак не будут способствовать решению экологических проблем, но резко обострят экономическую ситуацию в регионе.

Как и обычно, докладчики останавливались также на трудностях отрасли, связанных с сырьевыми проблемами. На рынках сырья не только не наблюдается тенденции к смягчению ситуации, но, наоборот, приходится сталкиваться с все более резким ростом цен. Так, с начала 2010 г. цены на железную руду практически удвоились, а цены на коксующиеся угли поднялись на 45 %. Лишь в третьем квартале 2011 г. эти цены по сравнению с уровнем второго квартала несколько стабилизировались. Контрактные цены составляли в третьем квартале на железную руду 181 \$ за тонну и на коксующийся уголь 315 \$ за тонну. В целом цены на металлургическое сырье остаются стабильно высокими, несмотря на то, что цены на некоторые другие сырьевые материалы начинают снижаться. Такая ситуация с металлургическим сырьем не является удивительной, если принять во внимание сохраняющуюся монополию в отрасли. Три крупнейших сырьевых концерна, занятых добычей железной руды, держат в своих руках более 2/3 мировой торговли, в то время как три крупнейших производителя стали выплавляют всего 13 % мирового производства. В заключение следует сказать о динамике цен на другие сырьевые материалы, в частности, на стальную лом. С 2009 года эти цены выросли на 83 %. В настоящее время цена вторичного лома составляет 345 €/т, в то время как в 2010 г. она находилась в среднем на уровне 289 €/т.

Облегченные конструкции для средств передвижения будущего

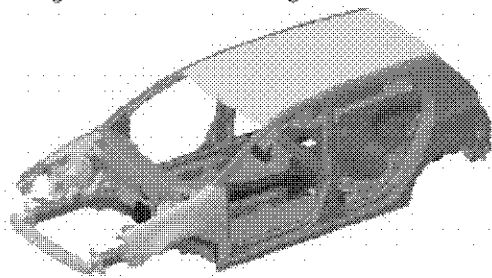
Доклад профессора д-ра Вернера Хуфенбаха (Werner Hufenbach) из Дрезденского технического университета «Системные облегченные конструкции – краеугольный камень ресурсоэффективной мобильности» был посвящен общим проблемам использования облегченных конструкций в автомобилестроении. В качестве исходных моментов для постановки вопроса докладчик назвал следующее. Уже настоящее время характеризуется развитием тенденции к сознательной и ответственной защите климата и окружающей среды, тенденцией к изменению источников энергии, недостатком и постоянным подорожанием сырьевых материалов, выравниванием уровня жизни в различных странах мира, включая развивающиеся, а также необходимостью учета нового «социального» измерения в технике. Открытыми вопросами являются: как выглядит завтрашний клиент, какие средства передвижения будут ему нужны в повседневной жизни, какие средства передвижения мы можем себе позволить и готовы ли мы дополнительно оплачивать расходы на поддержание экологии.

В качестве сценария будущего автор рассматривает следующие положения. Развитие средств передвижения будет определяться в существенной степени развитием народонаселения и его распределением между городской и сельской местностью. Значительное влияние на качество жизни и развитие средств передвижения окажет также гигантский рост регионов с особенно высокой плотностью населения – густонаселенных мегаполисов. Ясно, что развитие транспорта ведет к ухудшению экологических условий, и в связи с этим важным является вопрос о снижении вредного влияния транспорта на экологию. Путем демографического анализа можно в первом приближении набросать профиль завтрашних клиентов отрасли с целью развития стратегии будущего автомобильной промышленности. Большое значение при этом имеет вопрос, будут ли для будущих поколений такие качества как красота, внешний вид и эмоциональность его воздействия играть столь же важную роль как сегодня или будущий клиент будет интересоваться только потребительскими качествами автомобиля.

Около 70 % всех технически используемых инноваций связано прямо или косвенно с используемыми материалами. Инновации в развитии материалов и технологий являются серьезным основанием для более высокой эффективности использования материалов и энергии во всех областях жизни общества. Исследованию и анализу должны подвергаться все классы материалов: металлы, пластмассы, керамика, природные материалы, а также их комбинации — многокомпонентные материалы. Докладчик исходит из того, что наибольшую перспективу в будущем имеют два вида привода: гибридный привод (дизель+электромотор) и чисто электрический привод преимущественно с литиево-ионным аккумулятором. С целью снижения веса конструкции могут быть использованы следующие группы материалов: высокопрочные стали, легкие металлы, пластмассы, композиты и гибридные материалы (соединенные материалы и соединения материалов). На рис. 1 приведены данные об использовании различных материалов в проекте Super Light Star.

Для сопоставления различных материалов докладчик приводит следующий пример. Представим себе, что нужно сконструировать балку равного сопротивления изгибу длиной 500 мм при условии, что она в одном конце жестко закреплена, а на другом конце приложена нагрузка 300 Н. Допустимая величина максимального прогиба 1

Weight SLC BIW: 180 kg



Materials

- Aluminium sheet
- Aluminium cast
- Aluminium extrusion
- Steel
- Hot-formed steel
- Magnesium sheet
- Magnesium diecasting
- Glasfibre thermoplastic

Persent by weight

Aluminium	96 kg (53%)
Steel	66 kg (36%)
Magnesium	11 kg (7%)
Plastics	7 kg (4%)

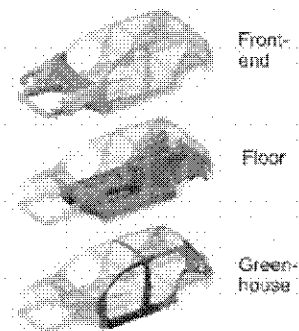


Рис. 1. Материалы, используемые в модели Super Light Star

мм. Если принять поперечное сечение балки сплошным кругом, то можно получить следующие результаты. При изготовлении из стали балка будет иметь сечение 33,7 мм и вес 3395 г, при изготовлении из алюминия соответственно 43,7 мм и 2023 г, из магния 48,8 мм и 1635 г, а при изготовлении из армированной угольными нитями пластика 37,1 мм и 863 г. Результаты существенно изменятся, если поперечное сечение балки принять не сплошным, а полым кругом наружным диаметром 50 мм. В этом случае магниевая балка будет иметь вес 1199 г, алюминиевая 937 г, стальная 788 г, а балка из углепластика 258 г. Этот пример показывает, что при проектировании облегченных конструкций необходимо рассматривать совместно форму изделия и применяемый материал.

В качестве другого примера приводится труба наружным диаметром 70 мм и длиной 1000 мм, нагруженная крутящим моментом 1000 Нм. Стальная труба может быть изготовлена со стенкой толщиной 1 мм и иметь вес 1,7 кг, магниевая – толщиной стенки 5,6 мм при весе 2,1 кг, алюминиевая – соответственно 3 мм и 1,7 кг, а труба из различного вида углепластов – 1,6–2,9 мм и 0,6–0,9 кг. Отсюда видно, что в ряде случаев использование легких металлов не имеет существенных преимуществ перед применением стали, не говоря уже о разнице в стоимости. Как считают специалисты, экономия веса машины на 1 кг за счет использования алюминия удорожает машину на 10–12 €, за счет углепласта – на 50 €, а за счет применения высокопрочных сталей не более чем на 2 €. Стоимость 1 кг высокопрочной стали составляет около 80 центов, в то время как стоимость 1 кг углеродных нитей от 10 до 15 €. Интересны в этом плане также данные о мировом уровне производства этих материалов. Мировое производство упрочненных углеродными волокнами пластмасс составляет всего 40000 т, алюминия – 56 млн т, а стали – более чем 1,4 млрд. т. Неудивительно, что в роли промышленного «тяжеловеса» среди различных материалов остается сталь. Таблица 2 дает дополнительные возможности сопоставления разных групп материалов.

Таблица 2 – Некоторые характеристики материалов, используемых в автомобилестроении

Материал	Сталь	Алюминий	Углепластик
Плотность, %	100	35	20
Расход энергии при производстве, ГДж/т	12,6 – вторичная металлургия, 24,6 – первичная	20,4 – вторичная металлургия, 186,0 – первичная	Надежных данных нет
Эмиссия CO ₂ при производстве, т/т	0,4 – вторичная металлургия, 2,2 – первичная	1,2 – вторичная металлургия, 10,3 – первичная	Надежных данных нет
Относительный вес элемента изделия, %	100	70–90	Около 50
Процесс изготовления изделия	Высокоавтоматизир., кратковрем. цикл	Высокоавтоматизир., кратковрем. цикл	Мало автоматизир., длительный цикл
Стоимость 1 кг части кузова, €	4	?	50–200
Стоимость (€) для снижения веса на 1 кг	2 (при применении высокопрочных сталей)	10–12	50–100
Прочность при растяжении, МПа	Более 2000	До 600	Более 2000
Пластичность	Удлинение до 40%	Удлинение до 25 %	Удлинение до 2 %
Возможность формоизменения	Хорошая способность к формоизменению	Низкая способность к формоизменению	Очень низкая способность к формоизменению
Возможности ремонта изделия	Правка, процессы соединения и разделения	Правка, процессы соединения и разделения	Правка невозможна, возможности соединения огранич.
Возможность повторного использования	До 100 %	Сложность разделения по сортам, использ. для литья	Только термическое использование

В качестве примера использования различных материалов докладчик приводит также электромобиль проекта ALIEN. Передняя крышка изготавливается из упрочненной волокнами пластмассы, несущая стойка между передней и задней дверью из гибридного материала, стойка перед передней дверью из стали. На франкфуртской выставке была представлена модель будущего электромобиля «InEco», при этом в натуральную величину был выставлен гибридный швеллер, состоящий из стали (позволяющей придать конструкции необходимую форму) и ориентированных в двух различных направлениях частей углепласта, обеспечивающего повышенную прочность. Большое значение придается использованию литиево-ионных аккумуляторов. Прежние системы аккумуляторов в электромобиле требовали для своего размещения крупногабаритного пространства преимущественно прямоугольной формы. В то же время для создания компактной конструкции важна возможность использования любых, в т.ч. непрямоугольных пространств, имеющихся в наличии. Развитие полуавтоматизированного процесса изготовления геометрически варьируемых литиево-ионных батарей с облегченными рамами позволяет успешно решать эту проблему.

О проекте FutureSteelVehicle и связанных с ним инновациях рассказал д-р –инж. Мартин Хиллбрехт (Martin Hillebrecht) из EDAG GmbH & Co. KGaA, Fulda. Ряд данных об этом проекте сообщался и в прошлом году. Проект направлен на создание облегченного современного автомобиля (электромобиля), снижение веса которого достигается исключительно за счет применения высокопрочных сталей. Проект является международным и выполняется крупнейшими металлургическими фирмами всего мира, включая ArcelorMittal, ThyssenKrupp, China Steel, Tata Steel, US Steel, Северсталь и др. В проекте были предусмотрены следующие стадии: предварительный анализ и планирование, эргономика, компоновка, дизайн, оптимизация, структурный анализ, анализ реализуемости, анализ стоимости, анализ всего жизненного цикла изделия. Анализировались модели с электрическим приводом (BEV), гибридным (электрическим и дизельным) приводом (PHEV), а также электромобили с водородным преобразователем (FCEV).

Докладчик представил полный перечень марок стали, используемых в проекте (таблица 3). Некоторые из приведенных марок находятся еще в стадии разработки.

Приведем некоторые объяснения к обозначению марок стали. Mild – мягкая сталь. BH (bake hardening) – дисперсионно твердеющая сталь. IF (Interstitial Free) – стали, в ферритной матрице которых атомы внедрения (углерод и азот) связаны с атомами микролегирующих элементов, что препятствует образованию атмосфер Коттрелла и тем самым обеспечивает особенно высокую пластичность. DP (Dual phase) – двухфазные стали. FB (Ferritic-Bainitic) – феррито-бейнитные стали. CP (complex phase) – многофазные стали. HSLA (high-strength low alloy) – высокопрочные низколегированные стали. TRIP (Transformation Induced Plasticity) – стали с использованием эффекта пластичности, наведенной мартенситным превращением. TWIP (Twinning Induced Plasticity) – стали с использованием эффекта пластичности, наведенной двойникованием. HF (hot-formed) – стали, предназначенные для получения изделий методами горячей штамповки. MS (Martensitic Steel) – мартенситные стали, у которых в результате ускоренного охлаждения после прокатки или отдельного нагрева получают структуру мартенсита с включениями феррита или бейнита. Число в числителе соответствует минимальному значению предела текучести в МПа, в знаменателе – минимальному значению предела прочности.

Далее докладчик остановился на компьютерной симуляции различных этапов создания нового автомобиля (электромобиля) облегченной конструкции. Проводилась оптимизация внешнего вида, дизайна, подсистем и полная оптимизация модели. При анализе подсистем анализировались различные методы изготовления заготовок: холодная и горячая штамповка, гидропрессование, производство сварных изделий. При этом учитывались возможности комбинации материалов и технологических процессов. Приводились примеры отдельных деталей, для изготовления которых рекомендованы те или иные технологические процессы и материалы. Так, деталь усилитель пола рекомендовано изготавливать горячей штамповкой из стали CP1050/1470, а детали несущей конструкции переднего крыла из стали HF 1050/1500. При этом в процессе штамповки достигается разная толщина изделия в различных участках в зависимости от распределения нагрузки, что обеспечивает минимизацию веса конструкции. За счет применения высокопрочных сталей и оптимизации технологических процессов удается сократить вес конструкции рамы автомобиля класса Polo-/Golf на 35 %, а именно с 290 до 188 кг. В этой конструкции используется всего 3 % мягких сталей, 33% сталей типа HSLA и BH, 31 % сталей типа DP (от DP500-600 до DP1000), 12 % TWIN и TRIP-сталей, 10 % сталей MS и CP и 11 % сталей HF. Таким образом, 97 % конструкции состоит из высокопрочных и ультравысокопрочных сталей. Возможное использование сталей различных классов в автомобиле (электромобиле) показано наглядно на рис. 2.

С докладом об обеспечении процессов изготовления изделий из высокопрочных сталей посредством компьютерного моделирования выступил Иохен Вайнер (Jochen Weiner) из исследовательского центра INPRO mbH в Берлине. В моделирование процесса изготовления кузова автомобиля входили следующие операции: выбор варианта изготовления, изготовление отдельных деталей – штамповка, сборка кузова, лакировка, монтаж и анализ свойств (прочность, ударостойкость, звуконепроницаемость, динамика, продолжительность жизни изделия). Целью симуляции процесса листовой штамповки было предсказание возможности появления трещин и складок. Этим вопро-

Таблица 3 – Основные марки стали для автомобилестроения и их свойства

№ п/п	Марка стали	Толщина мин., мм	Толщ. макс., мм	σ текуч., мин МПА	σ текуч., средн. МПА	σ прочн., мин. МПА	σ прочн., средн. МПА	Удлинение δ %
1	Mild140/270	0,35	4,8	140	150	270	300	38...44
2	BH 210/340	0,4	3,4	210	230	340	350	35...41
3	BH 260/370	0,4	2,8	260	275	370	390	32...36
4	BH 280/400	0,5	2,8	280	325	400	420	30...34
5	IF 260/410	0,4	2,3	260	280	410	420	34...48
6	IF 300/420	0,5	2,3	300	320	420	430	29...36
7	FB 330/450	1,8	5	330	380	450	490	29...33
8	HSLA350/450	0,5	5	350	360	450	470	23...27
9	DP 300/500	0,5	2,5	300	345	500	520	30...34
10	HSLA420/500	0,75	5	420	430	500	530	22...26
11	FB 450/600	1,8	5	450	530	560	605	18...23
12	HSLA490/600	0,75	5	490	510	600	630	20...25
13	DP 350/600	0,6	4	350	385	600	640	24...30
14	TRIP350/600	0,6	4	350	400	600	630	29...33
15	SF 570/640	2,9	5	570	600	640	660	20...24
16	HSLA550/650	0,75	5	550	585	650	675	19...23
17	TRIP400/700	0,8	4	400	420	700	730	24...38
18	SF 600/780	2,9	5	600	650	780	830	20...24
19	CP 500/800	0,8	2	500	520	800	815	10...14
20	DP 500/800	0,6	4	500	520	800	835	14...20
21	TRIP450/800	0,9	2	450	550	800	825	26...32
22	CP 600/900	1	1,8	600	615	900	910	14...16
23	CP 750/900	1,6	4	750	760	900	910	14...16
24	TRIP600/980	0,9	2	550	650	980	990	15...17
25	TWIP500/980	0,8	2	800	845	980	990	
26	DP 700/1000	0,6	2,3	700	720	1000	1030	12...17
27	CP 800/1000	0,8	3	800	845	1000	1005	08...13
28	MS950/1200	0,5	3,2	950	960	1200	1250	05...07
29	CP1000/1200	1	2,3	1000	1020	1200	1230	08..10
30	DP1150/1270	1	2	1150	1160	1270	1275	8...10
31	MS1150/1400	0,5	2	1150	1200	1400	420	4..7
32	CP1050/1470	1	2	1050	1060	1470	1495	7...9
33	HF1050/1500							
	горячекат	0,6	2,3	340	380	480	500	23...27
	после т/о	0,6	2,3	1050	1220	1500	1600	5...7
34	MS1250/1500	0,5	1,5	1250	1265	1500	1520	5...6

сом центр начал заниматься еще в начале 80-х годов. В конце 80-х началось промышленное опробование методики. С начала 90-х методику начали использовать в промышленности, а в настоящее время достигнута устойчивая стадия использования. Рассматривается весь процесс формообразования от проектирования инструмента до обрезки и гибки.

Докладчик рассказал о развитии работ во времени. В 1992 г. моделировали процесс штамповки 5 деталей, что занимало 3–4 недели, причем для моделирования штамповки каждой детали требовалось использовать от 6 до 8 шагов

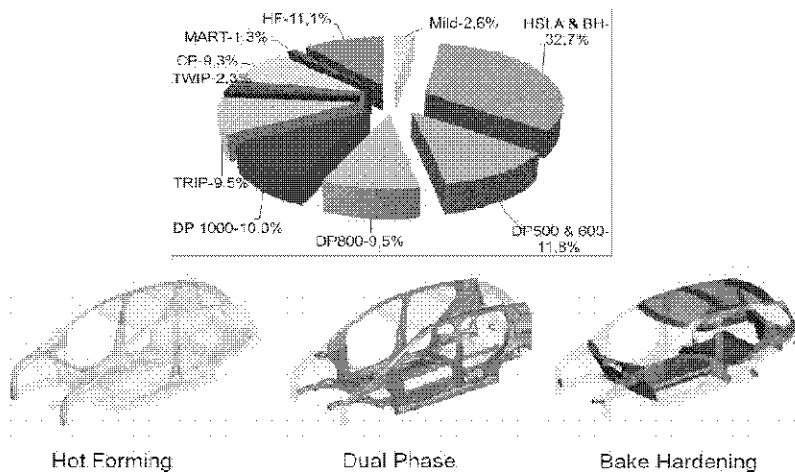


Рис. 2. Використання різних сталей в електромобілі Future Steel Vehicle

складок і других поверхневих порушень, передбаченню і мінімізації дефектів зварки. При симуляції процесу лакування розглядаються і оптимізуються процеси сушки покриття, доступність процесу і допуски. Проводиться також симуляція процесу контролю якості з метою вибору оптимальних параметрів контролю і визначення параметрів пошкодження. В майбутньому передбачається створити інтегровану цифрову фабрику з можливістю повного моделювання всіх процесів.

Професор, д-р Ерман Теккая (Erman Tekkaya) із Дортмундського технічного університету розповів про роботи університету по розробці інноваційних процесів тривимірної гнучкості труб, профілів і листів із сучасних марок сталі. Зокрема він розповів про винайдену в університеті машину для вільної гнучкості профілів в трьох вимірах, в т.ч. профілів із високопрочних сталей (рис. 3). Машина має роликіву систему подачі, яка підвішена з можливістю повороту. Радіус вигибу забезпечується за рахунок відповідного зміщення осі x . На цій осі смонтована вигибаюча голівка, яка охоплює і веде профіль. Для забезпечення тривимірного вигибу вращаються одночасно поворотні осі ϕ_1 і ϕ_2 , так що профіль в час вигибу вращається навколо центру тяжкості площини його поперечного перерізу. Керування плоскістю вигибу відбувається шляхом накладання крутячого моменту в процесі вигибу. Цей крутячий момент підводиться шляхом повороту роликіву системи подачі навколо осей ϕ_1 і ϕ_2 . В результаті певного розходження осей ϕ_1 і ϕ_2 можливо також накладання неперервно діючого крутячого моменту. Це важливо для гнучкості профілів несиметричного поперечного перерізу, щоб цілеспрямовано уникати спотворення поперечного перерізу при вигибі. Накладанням напруження сдвига також частково компенсується пружне відновлення профілів, що спрощує проектування процесу тривимірної гнучкості.

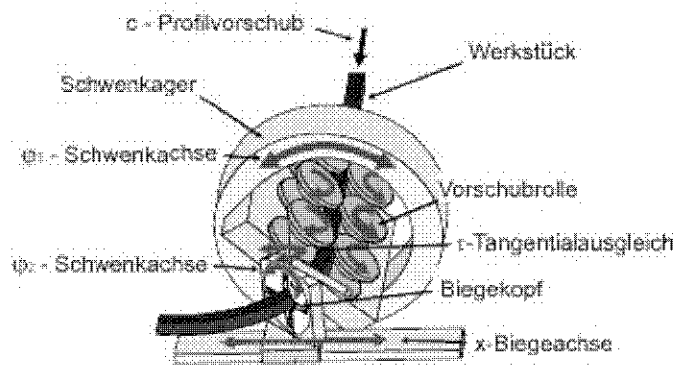
Деякі динамічні характеристики: привод повороту розвиває момент до 2000 Нм, привод подачі – до 3000 Нм, зусилля переміщення осі x – 60 кН. Процес може знайти застосування в різних областях техніки, де потрібні вигибувати не круглі профілі, в т.ч. асиметричні. Як важливу перевагу відзначають хорошу управляемість за рахунок кінематичного створення вигибаючого контуру і краще забезпечення постійності поперечного перерізу. Можливі варіювані контури вигибу. В результаті роликіву подачі забезпечується краще якість поверхні. Важливою перевагою є також мала ціна інструменту і невелике пружне відновлення. Можливі області застосування:

- гнучка структурованих частин конструкцій в авіаційній техніці;
- заміна більш складних процесів гнучкості в автомобілебудуванні;
- варіюване виготовлення частин виробів для архітектури;
- нові можливості оформлення в мебельному дизайні.

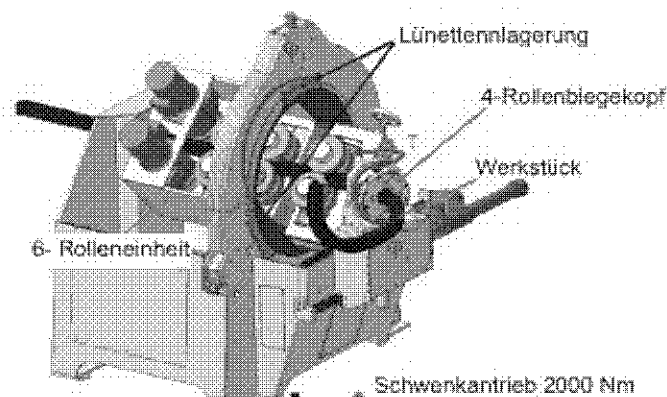
Затем докладчик остановился на процессах, связанных с изменением формы труб. Предложенная машина может изменять диаметр трубы на различных ее участках в достаточно широких пределах и производить гибку (рис. 4). Машина обеспечивает уменьшение упругого восстановления по сравнению с другим аналогичным оборудованием, варьируемую настройку в зависимости от свойств материала, возможность трехмерной гибки. За счет этого открываются перспективы производства труб с оптимизированным по отношению к нагрузкам профилем. Следующим вопросом, рассмотренным в докладе было формирование сложных изделий, сочетающих в себе конфигурацию трубы и профиля. Это, например, полые профили, зубчатые колеса, трубы теплообменников со спиральной

симуляції. Уже через рік моделювали процес виробництва 8 деталей, на що уходило 2 тижні, а для моделювання штамповки однієї деталі використовували тільки 5 кроків симуляції. В 1995 г. кількість виробів, для яких проводили моделювання, зросло до 20, для чого вимагалась тільки одна тиждень, а для кожного розрахунку застосовували 3 кроки симуляції. Нині моделюють штамповку більш ніж 350 деталей, на що витрачається від 0,5 до 2 днів. Кількість кроків симуляції не більш двох. Якщо в 1992 г. на цій роботі було зайнято всього 2 співробітника, то нині їм займаються 54. Моделювання штамповки включено в процес планування виробництва на підприємствах Volkswagen і Daimler.

При симуляції процесу збирання кузова більше уваги приділяється швидкому передбаченню утворення і усунення



Принцип процесса



Опытная машина

Рис. 3. Машина для трехмерной гибки профилей: Vorschubrolle – роликовая система подачи; Biegekopf – изгибающая головка; Biegeachse – ось изгиба; Schwenkachse – поворотная ось

поверхностью, ротор компрессора и т. д. С этой целью также были разработаны соответствующее оборудование и технология. Было проведено аналитическое исследование с целью возможности планирования процесса. Поставлена задача передачи результатов исследований в производство. В последней части доклада речь шла о гибке листов с наложением изменяющихся напряжений. В качестве преимуществ назывались уменьшение упругого восстановления, пониженная энергоемкость процесса, варьируемое расположение изгибающего усилия, возможность использования для гибки листов из материалов с пониженной пластичностью. В связи с этим в числе областей возможного применения называлась гибка листов из высокопрочных сталей.

Доклад д-ра Ральфа Оссенбринка (Ralf Ossenbrink) из бранденбургского технического университета в Коттбусе был посвящен производству и применению структурированных полупродуктов. В качестве примеров структурированных полупродуктов назывались структура с впадинами, сотовая структура, структура с выступами и волнистая структура (рис. 5). В качестве процессов изготовления таких продуктов назывались прокатка в структурированных валках, гидропрессование с вложенной профилированной мембраной. Преимуществами таких изделий являются более высокая прочность, более равномерное поглощение энергии при ударе, лучшее поглощение звука, лучшая теплопередача, приятный внешний вид. Области применения – внутренние части кузовов автомобилей, барабаны стиральных машин, различные панели, в частности, панели радиаторов, крышки бочек. Проблемами при их использовании являются недостаточность информации о специфике процессов резки, сварки, формоизменения. С целью устранения этого пробела были проведены исследования методом компьютерного моделирования. Была проведена оптимизация процессов глубокой вытяжки и сварки. Изучали прочность сварного соединения при различных видах нагружения, коррозионную стойкость. Получено хорошее соответствие экспериментальных результатов с результатами компьютерного моделирования. Имеются серьезные перспективы снижения веса металлических конструкций за счет применения структурированных изделий. Так, имеется возможность вместо сплошного стального листа толщиной 2,2 мм использовать сочетание из двух рифленых листов толщиной по 0,5 мм каждый, что позволит снизить вес конструкции примерно на 55 %.

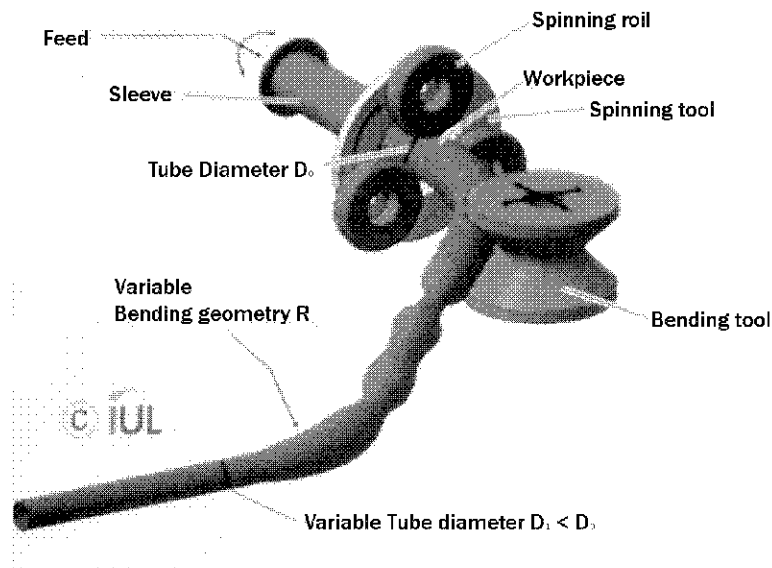


Рис. 4. Машина для изменения формы труб

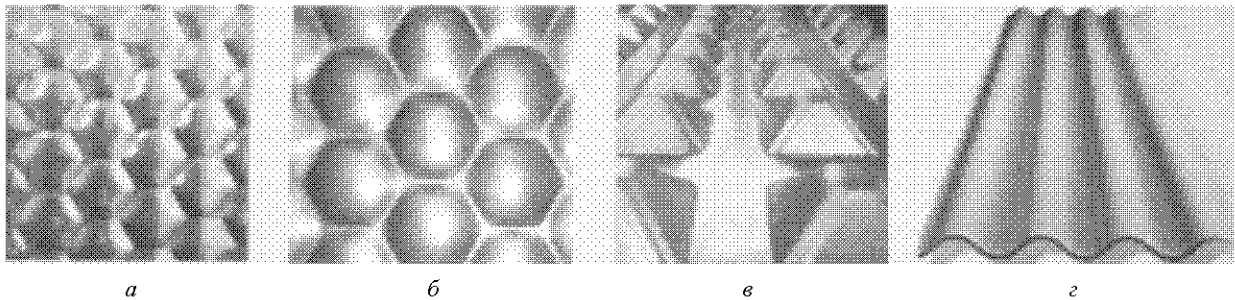


Рис. 5. Различные виды структурированных профилей:
a – сводчатый, *б* – сотовый, *в* – выпуклый, *г* – волнистый

Профессор, д-р Христиан Шеферс (Christian Schaefers) из высшей технической школы г. Оснабрюк выступил с докладом на тему «Облегченные конструкции для сельскохозяйственной техники». В районе этого города находится ряд предприятий сельскохозяйственного машиностроения, в связи с чем такая тематика весьма актуальна для региона. Прежде всего, докладчик остановился на вопросе, почему облегченные конструкции важны для сельскохозяйственной техники. Речь идет, прежде всего, о защите почвы. В Германии в связи с этим действует специальный закон. Тяжелая сельскохозяйственная техника уплотняет почву, что существенно ухудшает ее свойства. Поэтому уже давно наметилось противоречие между требованиями закона с одной стороны, необходимостью повышения производительности и экономичностью техники с другой. Техника становится все более тяжелой. Производительность современного культиватора повышается пропорционально мощности трактора. Подход состоял в оптимизации конфигурации изделий и соответствующем выборе материала. С этой целью использовали компьютерную симуляцию. Докладчик привел некоторые полученные результаты. Исходный вариант рамы плуга имел вес 86 кг, оптимизированный – 63,9 кг. Снижение веса составляет 22,1 кг, т. е. 26 %. При исходной конструкции соединительный стержень имел вес 9,03 кг, при оптимизированной – 4,38 кг. Т.к. используется 7 соединительных стержней, общее снижение веса составляет 32,55 кг, или 51 %. Кроме того, за счет облегчения конструкции частей плуга удается перенести центр тяжести всей системы ближе к трактору, что повышает устойчивость системы.

© Д-р техн. наук А. Л. Геллер, д-р техн. наук В. Г. Горелик
 Дюссельдорф, Германия

Geller A., Gorelik V. Annual international conference of metallurgists in Dusseldorf (Germany) «Steel 2011»